فيه خطوط إنبعاث قويه بدلا من الإستمرار الضعيف فى شدة الطيف ، نجد أن كفاءه الإمتصاص أيضا كبيره . من هنا فإن طيف هذه الموجات لا يمكن أن يكون مصدره إلا المناطق المحيطه التى يُعطى التحليل الطيفى تركيبها الكيماوى . وفى المناطق الطيفيه الأخرى ذات كفاءه الإنبعاث المنخفضه ، تكون كفاءه الإمتصاص أيضا منخفضه . لذلك فإن ضوء مثل هذه الموجات يمكن أن يأتى من المناطق البعيده إلى المنطقه تحت الإختبار . أى أن الإنبعاث القليل يتكافأ مع ما ما يتجمع من إمتصاص من المناطق الأخرى ذات الحيز الأكبر . وعلى النقيض من هذه الظروف التى تحدث فى داخل النجوم فإن الظروف مختلفه على سطوح النجوم : فالتكافؤ لا يمكن أن يحدث هنا ، لأن الحيز الذى تحتله الماده محدود . ويراعى أن إصطلاحات الغازات « الكثيفه جدا ، والممتده جدا (الواسعه جدا) » ترجع إلى إمتداد هذه الغازات إلى أكبر بكثير من طول المشوار الحر للكم الضوئى بين إنبعاثه وإمتصاصه : أى يلزم أن تكون الطبقات سميكه (← العمق الضوئى) .

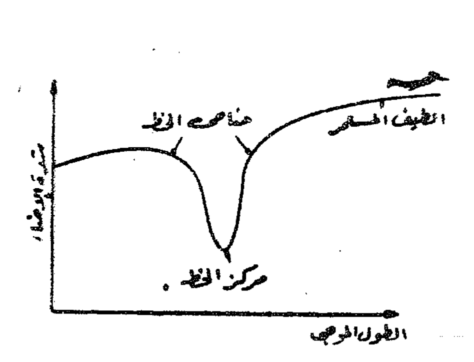
ويبعث الجسم الموجود فى حالة تعادل حرارى دائما بطيف إستمرار تكون فيه توزيع شدة الاضاءه للموجات المختلفه ، أو بإختصار توزيع شدة الطيف ، غير معتمدة على التركيب الكيماوى للجسم . فى هذه الحالة يحدد ← قانون الاشعاع لبلانك توزيع شدة الطيف . ومثل هذه الإشعاعات تسمى بالإشعاعات السوداء ، وتزاح فيها الشدة القصوى دائما ناحية الموجات الأقصر مع الإرتفاع فى درجة الحراره .

(٢) **الطيف الخطى** : عند تسخين الغازات الغير واسعه أو الرقيقه ، أى عند إثارتها ، ينبعث منها **طيف إنبعاث** ، يتكون من عدد من الخطوط المنفصله والمحدده . أى أن الضوء الكلى الغير متحلل يتكون من تجمع خطوط طيفيه . ومثل هذه الأطياف تنبعث على سبيل المثال من السدم الغازيه أو الانبعاثيه . أما إذا كان هناك منبعا ضوئيا ساخنا محاط بغاز أبرد منه فهنا ينشأ طيف إمتصاص ، أى تظهر فى الطيف المستمر وفى مناطق ذات أطوال موجيه معينه خطوط داكنه ، تكون فيها شدة الإضاءه أقل كثيرا عما حولها . وبذلك يمتص الغاز البارد الخطوط الطيفيه التى كان من الممكن أن تنبعث منه فى حالة إثارته .

تسمى خطوط الإمتصاص وخطوط الإنبعاث معا **بخطوط الطيف** أو بإختصار خطوط . ولكل عنصر كيماوى خطوط معينه تميزه عن غيره من العناصر ، وتعتمد على مجالات الطاقة الممكنه (المستويات) للإليكترونات داخل الهالة الذرية (← تركيب الذره) . فى داخل الهاله يمكن أن يتواجد الإليكترون فوق إحدى المستويات المحدده فقط . لذلك يمكن أثناء هذه الإنتقالات ، المقيده ـ مقيده ، إنبعاث أو إمتصاص إشعاعات ذات ذبذبات محدده ، $\nu = \frac{E_1-E_2}{h}$ ، حسب فرق الطاقه (E_1-E_2) . وتحدث خطوط الامتصاص عند الإنتقال من مستوى إلى مستوى أعلى منه ، أما خطوط الإنبعاث فتحدث عند الإنتقال من مستوى إلى مستوى أقل منه فى الطاقه . ويمكن تقسيم خطوط ذره إلى **سلاسل** ، يميز كل منها مستوى سفلى معين . فى حالة الهيدروجين تعطى الإنتقالات من وإلى حالة الخمود سلسلة ليمان وتسمى خطوطها ليمان ـ α ، ليمان ـ β ... وهكذا أو بإختصار L_α ، L_β . وتوجد هذه السلسله فى النطاق فوق البنفسجى من الطيف . أما الخطوط التى تحدث نتيجة للأنتقال من أو إلى المستوى الأعلى من ذلك فتعطى سلسلة بالمر التى تُعرف خطوطها بإختصار H_α ، H_β ... الخ ، والتى يوجد جزء منها فى النطاق البصرى من الطيف (الشكل) . وتزدحم الموجات القصيره من سلسلة ما فى موضع فى الطيف يسمى **حدود السلسله** . وهذه الحدود تناظر تكاثر مستويات الطاقه عند طاقة التأين . ويناظر الضوء ذى الطول الموجى الأقل أى الطاقه

الأكبر (h.v) الإنتقال من حالة مقيده إلى حالة حره . أى أنه يتصل بحدود السلسله **طيف إستمرار حد السلسله** الذى ينبعث ضوءه أثناء إستئناف الإتحاد ، كما يؤدى إمتصاصه إلى تأين . ومن بين ما تعتمد عليه شدة الخطوط إحتمال الإنتقالات ، التى لابد من حسابها على أساس نظرية الكم . وهذه الإحتمالات صغيره لمعظم الإنتقالات بدرجة تجعلنا نطلق على ما ينتج منها من خطوط إصطلاح خطوط ممنوعه . والخطوط الممنوعه لا تنبعث فى الحال العاديه ، أى فى المعمل ، إلا أنها تحدث وبشده فى الظروف المتطرفه (← تركيب الذره ، ← غاز ما بين النجوم) .

فى الوقت الذى يعطى فيه شدة خط إنبعاث كمية طاقة الإشعاع فى هذا الخط فإن **عرض الخط** يعطى حجم النطاق الطيفى التى توزعت عليه هذه الطاقه وبالفحص الدقيق يتضح أن الخطوط ليست متناهية فى ضيقها وإنما تأخذ نطاق طيفى صغير . على أن شدة الخطوط تقل كلما بعدنا عن **مركز الخط** ناحية **جناحى الخط** . أى أنه فى حالة خطوط الإمتصاص تزداد شدة الإشعاع كلما إتجهنا ناحية الأجنحه (الشكل) . ويسمى هذا **بكنتور الخط** ويعتمد على الحالة الفيزيائيه للغاز المسبب للإمتصاص أو الإنبعاث . لكل خط طيفى إتساع طبيعى يعتمد على تركيب المستوى الذى يشارك فى الإنتقال ؛ فكلما قصر عمر المستوى (← تركيب الذره) كلما إزداد عرض الخط . وتحدث زيادة كبيره فى عرض الخط نتيجة



(٢) رسم تخطيطى لشكل خط إمتصاص طيفى .

لعوامل أخرى ترجع إلى الذرات المحيطة وبالتالى تعتمد على ضغط وكثافة الغاز (إستعراض الضغط) . وينتمى إلى ذلك على سبيل المثال الإبطاء الإصطدامى : إذ أنه نتيجة لإصطدام ذرات بأخرى يقل العمر المتوسط للمستويات وبالتالى يزداد عرض الخط . ونتيجة ← ظاهره دوبلر الحراريه ينشأ إستعراض دوبلر ، الذى يعتمد على درجة حراره الغاز : فأثناء الحركة الحراريه غير المنتظمه تقترب منا دائما بعض الذرات الماصه أو الباعثه بينما تبتعد عنا ذرات أخرى . من هنا تُمتص أو تنبعث موجات على جانبى وسط الخط . وتأتى زيادة أخرى فى عرض الخطوط الطيفيه نتيجة لظاهره دوبلر بسبب دوران النجوم ، على شكل تراكم للإزاحه الحمراء على الجانب الذى يبتعد عنا من النجم وللإزاحه الزرقاء على الجانب المقترب منا . وهناك زيادة أيضا فى العرض من إنغلاق غير تام فى الخطوط مرجعه كل من ← ظاهرة شتارك و ← ظاهرة زيمان .

وتنشأ **إزاحه خطيه** ، أى تغيير فى طول موجه الخط كله نتيجة لظاهرة دوبلر وذلك عندما تتغير المسافه بين مصدر الضوء والمشاهد . فعند الإقتراب تنزاح الخطوط ناحية الموجات **الأقصر** (الإزاحه البنفسجيه أو الزرقاء) . وهناك إزاحه خطيه أخرى هى الإزاحه الحمراء النسبيه التى تتنبأ بها ← نظرية النسبيه العامه .

(٣) **الطيف الحزَمى** : ويرجع سببه إلى الإشعاع أو الأمتصاص من جزيئات ثنائيه أو عديده الذرات . والطيف الحزَمى أعقد بكثير من الطيف الخطى للغازات أحادية الذرات ، حيث تتداخل التغييرات فى طاقة الإليكترونات مع التغير فى ذبذبات الجزيئات ودورانها بالنسبه لبعضها أو حول بعضها ومن هنا ينشأ عدد كبير من الخطوط المتقاربه جدا تظهر على شكل حزام عريض . ويحدث الطيف الحزمى على سبيل المثال فى حالة النجوم البارده نسبيا وفى حالة المذنبات .

يعتبر تصوير طيف الأجرام السماوية ، رغم صعوبته ، من الواجبات الهامة جدا فى الفلك . فمن ← التحليل الطيفى نستطيع الحصول على إيضاحات للتركيب الكيماوى والحالة الفيزيائية للمادة الغير أرضيه . ويمثل تأثير الإمتصاص فى ← الغلاف الأرضى الجوى عائقا كبير للأبحاث الطيفيه . فهذا الغلاف منفذ فقط فى نطاقات موجية ضيقة نسميها « النوافذ » (الشكل) . وتصل النافذة الضوئية على الجانبين إلى أكثر من الضوء المرئى . وتمتص الإشعاعات قصيره الموجة فى الغلاف الجوى الأرضى . ويمكن مشاهدة الإشعاع الطيفى ذى الموجات الأقصر من ذلك بواسطة الصواريخ أو الأقمار الصناعية ، من خارج الغلاف الجوى الأرضى ، وذلك حتى نطاق أشعة رونتجن . وفى الأجزاء طويلة الموجة من الطيف ، تحت الأحمر ، فإننا نستغل نطاقات طيفيه ضيقه يكون فيها فعل الإمتصاص أقل من المناطق المحيطة أو نستعمل البالونات ، العالية فى الأرصاد الطيفية . والنافذة الراديوية ، أى النطاق المنفذ من الطول الموجى حوالى ١ مم إلى ٢٠ م ، تستخدم الفلك الراديوى . ومن الطبيعى أن تعتمد معظم معلوماتنا عن تركيب النجوم أساسا على الأرصاد فى النطاق الضوئى ، الضيق جدا بالنسبة للطيف الكلى . ويتضح من الأطياف الكثيرة جدا للنجوم ملامح وخصوصيات . وحتى نحصل على نظام معين لهذه الأطياف ثم عمل تقسيم طيفى ، أى تقسيم أطياف النجوم فى شكل تبعا ← لأنواع طيفية محددة .

طيف الإمتصاص

absorption spectrum
spéctre d'absorption *(sm)*
Absorptionsspektrum *(sn)*

طيف موجود به خطوط معتمه فوق الطيف المستمر .

الطيف الإنبعاثى

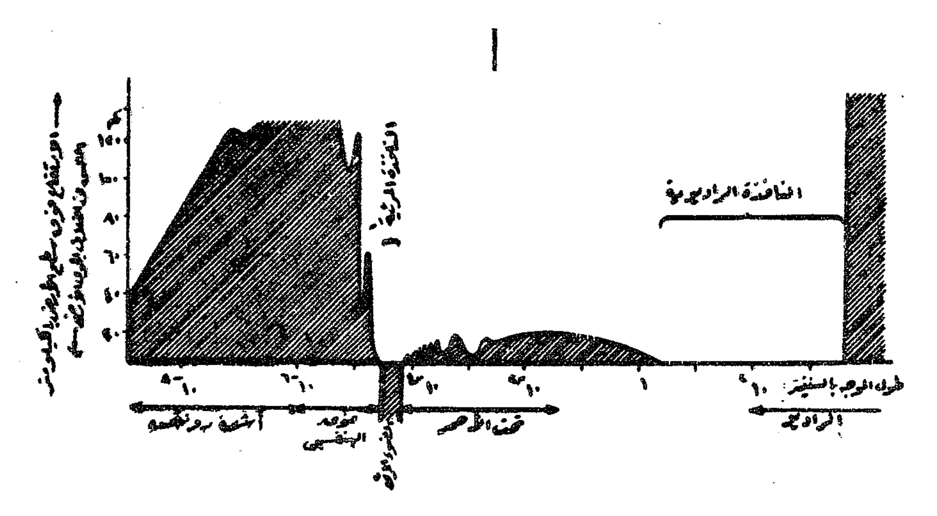
emission spectrum
spectre demission *(sm)*
Emissionsspektrum *(sn)*

هو ← طيف مكون من خطوط إنبعاث .

الطيف الحزمى

band spectrum
spéctre de bande *(sm)*
Bandenspektrum *(sn)*

هو ← طيف مصدره جزيئات عناصر أو مركبات .



(٣) المناطق الهامة فى الطيف والإرتفاع (بالكيلو مترات) فى الغلاف الجوى الأرضى الذى يبلغه الإشعاع القادم عموديا من الفضاء الخارجى دون أن تزداد نسبه إستبعاده عن ٣٧ فى المائة .

طيف الجزيئات

molecular spectrum
spéctre moléculaire *(sm)*
Molekülenspektrum *(sn)*

هو ← الطيف الحزمى .

الطيف الخاطف

flash - spectrum
spéctre - éclair *(sm)*
Flaschspektrum *(sn)*

هو ← طيف الفلاش .

الطيف الخطى

line spectrum
spéctre de raies *(sm)*
Linienspektrum *(sn)*

← الطيف .

الطيف الشريطى

band spectrum
spéctre de bande *(sm)*
Bandenspektrum *(sn)*

هو ← الطيف الحزمى .

طيف الشمس

solar spectrum
spéctre solaire *(sm)*
Sonnenspektrum *(sn)*

← الشمس .

طيف الفلاش

Flash - spetrum
spéctre - éclair *(sm)*
Flaschspetrum *(sn)*

هو طيف الكروموسفير ، الذى يظهر لفترة قصيرة أثناء كسوف ← الشمس .

الطيف المستمر

continuum
continuum *(sm)*
Kontinuum *(sn)*

← الطيف .

الطيف المستمر عند حدود سلسلة من الخطوط الطيفية

series limit continuum
continuum a limit de la serie *(sm)*
Seriengrenzkontinuum *(sn)*

← الطيف .

ظ

ظاهرة بوينتنج ـ روبرتسون

Poynting - Robertson effect
effet - Poynting - Robertson *(sm)*
Poynting - Robertson Effekt *(sm)*

هى ظاهرة نقص سرعة جسم صغير يدور حول الشمس وذلك نتيجة إمتصاصه للأشعة الشمسية وإعادة إشعاعها فى جميع الإتجاهات . ويمكن توضيح هذه العملية كالآتى : يمكن تمييز الكم الضوئى بكتلة تتناسب مع طاقته وقصور ذاتى متناسب مع كل من الكتلة والسرعة . وعند إعادة إشعاع الطاقة الشمسية الممتصة بواسطة الجسم فإن الكمات الضوئية تأخذ معها قصورا ذاتيا . أى أن القصور الذاتى للجسيمات يقل . ويتناسب هذا القصور الذاتى للجسم مع سرعته وكتلته . وعلى الرغم من الإشعاع فإن كتلة الجسم لاتتغير ، لأن الطاقة الخارجية قد تم قبل ذلك إكسابها من الإشعاع الشمسى . وعلى ذلك فإن نقص القصور الذاتى يؤدى إلى تقليل سرعة الجسيم . ونقص القصور الذاتى بفعل ما يتم إمتصاصه من كمات أشعة الشمس الضوئية يؤثر فقط على ضغط الإشعاع اللخارج من الشمس أى أنه لايؤثر على السرعة العمودية للجسيم على هذا الإشعاع . ويتحرك لذلك الجسم المتأثر بظاهرة بوينتنج ـ روبرتسون مقتربا من الشمس فى مدار حلزونى . ونيزك حجرى نصف قطره ١ سم موجود أولا فى مدار الأرض سوف يرتطم بالشمس تبعا لهذه الظاهرة بعد حوالى ٢٠ مليون سنة . ويتم الإقتراب من الشمس بسرعة أكثر كلما صغرت كتلة الجسيم ، إلاجسيمات يقل . ويتناسب هذا القصور الذاتى للجسم مع سرعته وكتلته . وعلى صغرت كتلة الجسيم ، إلا أن ذلك له تحفظات ؛ فبالنسبة للجسيمات ذات القطر الأقل من حوالى ١٠$^{-٤}$ سم يتغلب ضغط الإشعاع على قوة الجاذبية ، بحيث أن مثل هذه الأجسام تكتسح بعيدا عن الشمس .

وصف هذه الظاهرة « بوينتنج » فى عام ١٩٠٣ ، ثم إعتلاها الشك عدة مرات حتى أثبتها « روبرتسون » فى عام ١٩٣٧ بواسطة معادلات النظرية النسبية .

ظاهرة بلاشكو

Blashko effect
effet Blashko *(sm)*
Blashko - Effekt *(sm)*

هى عبارة عن التغيير الدورى المتعدد الذى يحدث فى معظم نجوم RR السلياق من حيث شكل المنحنى الضوئى ودورة التغيير. وقد سميت هذه الظاهرة بإسم الفلكى السوفيتى «سيرجى نيكولايفتش بلاشكى» (المولود فى عام ١٨٧٠).

ظاهرة تأثير العرض

latitude effect
effet de latitude *(sm)*
Breiteneffekt *(sm)*

هى تماما مثل ← ظاهرة القطب.

ظاهرة الحبل اللؤلؤى

Baily's beads
grains de Baily *(pm)*
Perlschnurphänomen *(sm)*

← الكسوف والخسوف.

ظاهرة جوية

meteor
météore *(sm)*
Meteor *(sm)*

← شهاب.

ظاهرة دوبلر

Doppler effect
effet Doppler *(sm)*
Doppler - Effekt *(sm)*

هى تغيير ذبذبة الموجات الاشعاعية الذى يصاحب الحركة النسبية بين المشاهد ومنبع الاشعاع. وفى مجال إنتشار الموجات الصوتية تنطبق ظاهرة دوبلر الصوتية، الأمر الذى يمكن الإستدلال عليه من تغيير إرتفاع نغمة صفير عربة مارة بنا. فى أثناء الإقتراب تبدو النغمة وكأنها تعلو بينما فى أثناء الإبتعاد عن السامع تبدو وكأنها تنخفض عن صوت السفارة فى حالة عدم التحرك.

تلعب ظاهرة دوبلر الضوئية فى الفلك دورا هاما. وهذه الظاهرة تعتمد على السرعة النسبية بين الراصد ومنبع الضوء. فإذا ماكان المنبع مقتربا شاهد الراصد ذبذبات أعلى عما يتم إشعاعه بالفعل، الأمر الذى يؤدى إلى إزاحة فى إتجاه الناحية البنفسجية من الطيف (إزاحة بنفسجية). أما إذا كان المصدر مبتعدا عن المشاهد فإن الأخير يستقبل موجات منخفضة فى ذبذبتها عما يتم إشعاعه بالفعل، الأمر الذى يعنى إزاحة حمراء. فإذا تمت الحركة بالسرعة v، الأقل كثيرا عن سرعة الضوء c، وفى خط البصر تماما إنطبقت القاعدة: $v=v_0\left(1 \pm \frac{v}{c}\right)$ التى تعطى الذبذبة المرصودة c من الذبذبة الأصلية v_0. وتكون الإشارة بالموجب فى حالة إقتراب مصدر الضوء وبالسالب فى حالة إبتعاده. يناظر التغيير فى الذبذبة تغييرا فى طول الموجة λ بالقيمة النسبية: $\frac{\Delta\lambda}{\lambda}=\frac{v}{c}$. كذلك فإن الغازات الماصة للضوء والمتحركة بالنسبة لمصدره تتصرف كالمشاهد تماما بالنسبة لهذا المصدر فتمتص حسب إتجاه حركتها الضوء ذو الموجات القصيرة أو الطويلة بدرجة تزيد عن الغازات غير المتحركة.

وعن طريق قياسات الإزاحة الخطية، الناشئة من ظاهرة دوبلر فى طيف نجم ما، يمكن تعيين السرعة الخطية v لهذا النجم. وفى حالة دوران جرم سماوى حول نفسه، يقترب أحد جوانبه بينما يبتعد عنا الجانب الآخر. والضوء المنبعث من كلا الجانبين يظهر فى خطوط الطيف على شكل إزاحة فى إتجاهين متضادين. وبهذه الطريقة أمكن قياس سرعة دوران الشمس وحلقات زحل. أما فى حالة النجوم الثوابت، التى تبدو كنقط مضيئة ولا نرى لها أجزاءا بذاتها من السطح، فتتراكم فيها كل من الازاحة الحمراء والزرقاء مؤدية إلى إتساع فى الخط الطيفى. كما أن للنجوم المزدوجة، نتيجته للتغير الدورى فى سرعاتها الخطية، إتساعا دوريا فى خطوطها الطيفية.

على حسب درجة الحرارة فإن للذرات التى تبعث (أو تمتص) الضوء، حركات حرارية غير منتظمة.

لذلك توجد بعض هذه الذرات فى حالة إقتراب بينما الأخرى فى حالة إبتعاد عنا . ويؤدى تراكم ما ينتج عنها من ظاهرة دوبلر إلى إتساع ما تشعه هذه الذرات (أو تمتصه) من خطوط طيفية ، الشيء الذى يعرف **بظاهرة دوبلر الحرارية أو إتساع دوبلر** . ويزداد إتساع الخط الطيفى كلما إرتفعت درجة حرارة المادة التى تشع (أو تمتص) هذا الخط ، وذلك لأن السرعة المتوسطه للذرات تزداد بزيادة درجة الحرارة . وبهذا يمكن إستنتاج درجة الحرارة من إتساع دوبلر .

عن تفسير إزاحة الخطوط الطيفية إلى الناحية الحمراء من طيف المجموعات النجومية (الإزاحة الحمراء) بواسطة ظاهرة دوبلر ، ← ظاهرة هبل ، ← الكسمولوجى .

تم تسمية ظاهر دوبلر بهذا الاسم تبعا لمكتشفها العالم الفيزيائى النمسوى «كريستيان دوبلر (١٨٠٣ – ١٨٥٣) .

ظاهرة زيمان

Zeeman effect
effet Zeeman *(sm)*
Zeemann Effekt *(sm)*

هى إنقسام الخطوط الطيفية كل إلى مركبات عديدة عندما توضع المادة التى تبعث بهذا الطيف فى مجال مغناطيسى . وأساس هذه الظاهرة هو تأثير المجال المغناطيسى على الإليكترونات الموجودة فى هالة الذرات والتى تتسبب فى الإنبعاث أو الإمتصاص . فتحت تأثير المجال المغناطيسى تحدث للإليكترونات حركة ترنحية تؤدى مع الذبذبة الإشعاعية إلى حدوث الإنقسام . يمكن بمعونة ظاهرة زيمان ، وذلك من حجم الإنقسام الخطى ، حساب شدة المجال المغناطيسى . بذلك يمكن من دراسة نجم ما إستنتاج قيمة المجال المغناطيسى الموجود فى غلاف النجم . وعندما يكون الإنقسام صغيرا جدا فقط فإن مركبات الخط تظهر غير منفصلة تماما . فى هذه الحالة تبدو ظاهرة زيمان على شكل زيادة فى عرض الخط الطيفى .

إكتشف ظاهرة زيمان الفيزيائى الهولندى «زيمان» لأول مرة فى عام ١٨٩٦ . وهناك ظاهرة مناظره لتلك الظاهرة تتسبب فى إنفلاق الخطوط الطيفية بفعل المجال الكهربى عُرفت أخيرا تحت إسم ← ظاهرة شتارك .

ظاهرة شتارك

stark effect
effet stark *(sm)*
Stark Effekt *(sm)*

هى إنفلاق الخطوط الطيفية كل إلى مركبات عندما يكون المنبع الضوئى موجودا فى مجال كهربى . وأساس هذا الإنقسام للخطوط هو إنقسام مستويات الطاقة داخل الذرة التى تمتصّ أو تشع الضوء . ومن الممكن أن تنشأ مجالات كهربائية فى الغلاف الجوى للنجوم من خلال الشحنات عندما يتوفر كثير من الإليكترونات الطليقة . وتؤدى ظاهرة شتارك إلى إستعراض الخطوط الطيفية بسبب الإنفلاق غير التام . ومن هذه الزيادة فى العرض يمكن فى بعض الظروف إستنتاج كثافة الإليكترونات .

إكتشف ظاهرة شتارك الفيزيائى «شتارك» فى عام ١٩١٣ . وقبل ذلك كانت هناك ظاهرة مشابهة معروفة ، ظاهرة زيمان ، وهى إنقسام الخطوط الطيفية بفعل المجال المغناطيسى .

ظاهرة فاراداى

faraday effect
effet Faraday *(sm)*
Faraday Effekt *(sm)*

هى عبارة عن إستداره مستوى الإستقطاب للموجات الكهرومغناطيسية أثناء مرورها فى مادة ممغنطة (وقد سمى ذلك بإسم الفيزيائى «فاراداى» ١٧٩١ – ١٨٦٧) . وفى المجال الفلكى فإن ظاهرة فاراداى تلعب دورا أساسيا فى تعيين المجال المغناطيسى للمادة ما بين النجوم . وفى ذلك يتم رصد دوران

مستوى الإستقطاب عند مرور ذبذبات راديوية خطية الإستقطاب خلال مادة ما بين النجوم . وتعتمد زاوية الدوران على شدة المجال المغناطيسى للإشعاع فى إتجاه إنتشار الموجات وكذلك على العدد الكلى للإليكترونات الحرة بين منبع الإشعاع والراصد وأيضا على مربع طول موجة الضوء . (وحيث أن طول موجات الذبذبات الراديوية أكثر عشر مرات عن الأطوال الموجية البصرية فإنه ، فقط فى هذا النطاق الراديوى ، يؤمل رؤية ظاهرة فاراداى .) وإذا ما عرفنا بعد مصدر الضوء ومتوسط كثافة الإليكترونات فى مادة ما بين النجوم فإنه يمكننا ، خلال قياسات زاوية الدوران ، تعيين شدة المجال المغناطيسى .

ظاهرة القطب

pol effect
effet du pole *(sm)*
Poleffekt *(sm)*

هى كون شدة ← الأشعة الكونية أكبر ما تكون عند القطبين وأصغر ما تكون عند خط الإستواء ، أى أنها تزداد مع زيادة خط العرض . رصد ظاهرة القطب هذه لأول مرة الفيزيائى الهولندى «كلاى» وذلك عام ١٩٢٧ .

الظاهرة الكهروضوئية

photrelectric effect
effet photoérlectrique *(sm)*
Lichtelektrischer Effekt *(sm)*

هى إنفصال الإليكترونات من السطوح التى يسقط عليها الضوء . وبدقة أكثر فإننا نعنى بذلك التأثير الكهروضوئى الخارجى . تم إكتشاف هذه الظاهرة فى عام ١٨٨٨ بواسطة الفيزيائى «هالواكس» على المعادن (ظاهرة هالواكس) وفسرها آينشتين فى عام ١٩٠٥ على أساس نظرية الكم . فالفوتون الساقط يمكنه أن يحرر إليكترونا من السطح الذى يسقط فوقه وذلك إذا كانت طاقة الفوتون E ، $E = h \cdot \nu$ ؛ (حيث h كم بلانك ، ν ذبذبة الضوء) أكبر من الشغل اللازم لإخراج الإليكترون من السطح . من هنا فإن الإليكترونات المنبعثة تتناسب مع شدة الضوء الساقط . ويستعان بالظاهرة الضوئية فى الخلايا الكهروضوئية ، التى تلعب دورا كبيرا فى تكنيك القياس الفلكى (← الفوتومتر) .

ظاهرة موجل ـ دلينجو

Mogel - Dellingo effect
effet Mogel - Dellingo *(sm)*
Mögel - Dellinger - Effekt *(sm)*

← الظواهر الشمسية ـ الأرضية .

ظاهرة هبل

Hubble effect
effet Hubble *(sm)*
Hubble Effekt *(sm)*

هى الإزاحة المنتظمة للخطوط الطيفية فى أطياف المجموعات النجومية الخارجية ناحية الموجات الأطول ، أى ناحية المنطقة الحمراء من الطيف (لذلك تسمى الإزاحة الحمراء) بحيث يزداد مقدار الإزاحة بزيادة المسافة بيننا وبين المجموعة النجومية (مثلما إكتشف هبل) . وعلى وجه العموم فإنه تحدث إزاحة حمراء حسب قاعدة دوبلر إذا إبتعد مصدر الضوء عن المشاهد . وعلى ذلك فإن أبسط تعليل طيفى للإزاحة الحمراء فى المجموعات النجومية الخارجية هى أن هذه المجموعات تزداد فى بعدها عن الطريق اللبنى (حركة إفلات) .

وتتناسب الإزاحة الخطية ، حسب ظاهرة دوبلر ، مع السرعة التى يترحك بها المصدر الضوئى بالنسبة للمشاهد ، كما تتناسب طرديا مع الزيادة فى المسافة بين المشاهد والمجموعة النجومية . وإذا ما فسرنا ظاهرة هبل على أنها ناشئة بفعل ظاهرة دوبلر فإن ذلك معناه أن سرعة إبتعاد المجموعات النجومية عنا تزداد بزيادة المسافة عن مجرتنا ، الشىء الذى يدل أيضا على تمدد الجزء الذى نراه من الكون . ومكان المجرة كمركز لتمدد الكون هو مكان ظاهرى فقط ، لأن أى مشاهد فى حيز يتمدد بسرعة منتظمة يكون عنده الإنطباع بأنه فى مركز هذا التمدد .

ويتضح من الأبحاث الحديثة أن سرعة تمدد المجموعات النجومية الخارجية يزداد بمعدل ٧٥كم/ث لكل مليون بارسك . وسرعة تمدد مجموعة نجومية تبعد عنا بالمسافة بالمليون بارسك تعطى بالعلاقة : $V = H . r$ ، حيث V سرعة التمدد ، H = ٧٥كم/ث / ميجابارسك ويطلق عليها **ثابت هبل**

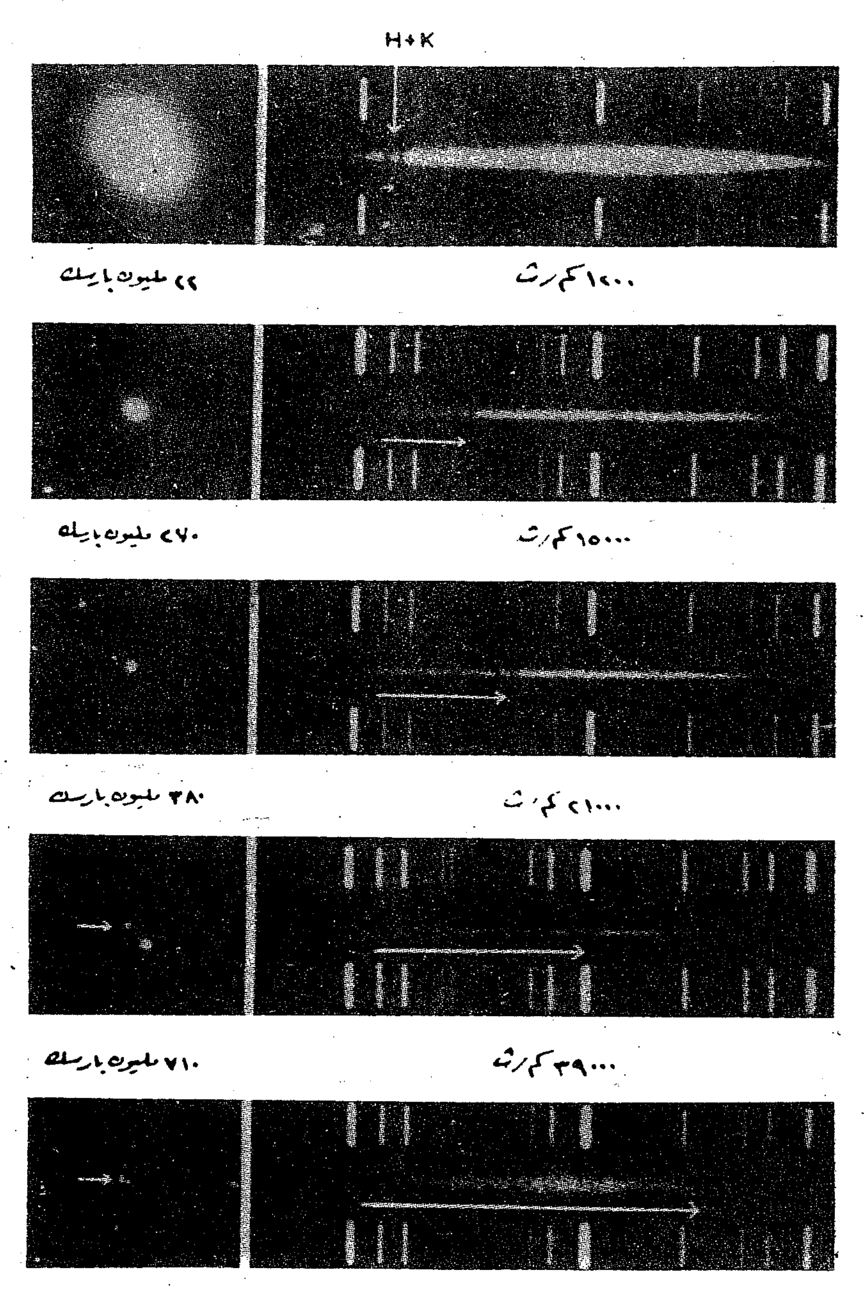
وليس من السهل تحديد ثابت هبل ، أى مقدار الزيادة فى سرعة المصدر مع المسافة . يرجع ذلك إلى أننا لا يمكننا معرفة مسافة تلك المجموعات النجومية بدقة إلا إذا عرفنا اللمعان الظاهرى لبعض نجومها بدقة كافية . فمن اللمعان الظاهرى واللمعان المطلق لهذه النجوم (يعاير اللمعان المطلق على نجوم مماثلة فى مجرتنا) يمكن إستنتاج المسافة . ويفترض فى ذلك أن ما يستخدم فى تعيين مسافة المجموعات النجومية من أنواع نجومية مختلفة ، مثل نجوم دلتا قيفاوى ذى الدورة المحددة ، له نفس اللمعان المطلق فى جميع المجموعات النجومية . ويمكن مشاهدة نجوم فى هذه المجموعات النجومية لا تبعد عن مجرتنا بأكثر من ١٦ مليون بارسك . ومن ناحية أخرى لابد أن تكون المجموعة النجومية على مسافة كافية من مجرتنا بحيث تكون السرعة الغير منتظمة للنجوم ، والتى تبلغ ٣٠٠كم/ث ، صغيرة جدا إذا قورنت بالسرعة المنتظمة لإبتعاد المجموعات النجومية . ويبدو أن هذا هو الحال إبتداءا من ١٠ مليون بارسك . وعلى ذلك يمكننا فقط فى النطاق الضيق من ١٠ إلى ١٦ مليون بارسك تحديد كل من الإزاحة الحمراء والمسافة بدقة . والمسافات المقاسة تصبح غير دقيقة إذا زادت عن ١٦ مليون بارسك ، لأنه يتم تعيينها فقط من لمعان وقطر المجموعة النجومية ، الشئ الذى يدخله خطأ منتظم نظرا للإنخفاض الشديد فى اللمعان فى إتجاه حافة المجموعات النجومية ، وعلى ذلك تصبح قيمة ثابت هبل غير مؤكدة ، ويمكن أن تتراوح من ٥٠ إلى ١٠٠كم/ث/ميجا بارسك ومن المهم بمكان ، فى المسائل الكسمولوجية ، معرفة ما إذا كانت سرعة التمدد تزداد بصورة خطية مع المسافة بينها وبين مجرتنا أو لا تزداد . فليست هناك نتائج دقيقة بخصوص ذلك لأن عدم الدقة فى قياس المسافات لا يزال كبيرا ، وإن كان الإختلاف غير كبير عن العلاقة الخطية .

وأكبر إزاحة خطية $\Delta\lambda$ تم قياسها لمجموعة نجومية تقابل سرعة تمددْ v = ١٤٤٠٠٠ كم/ث ، وهذا بالتقريب $\frac{1}{2}$ سرعة الضوء وذلك بتطبيق المعادلة المعروفة لظاهرة دوبلر : $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}$ ؛ (c سرعة الضوء ، λ طول موجة الضوء غير المزاح) . وتقتضى هذه السرعة العالية ، حسب نظرية النسبية ، تغيير معادلة حساب سرعة دوبلر بحيث تصبح المعادلة :

$$\Delta\lambda/\lambda = (\sqrt{1 + v/c}/\sqrt{1 - v/c}) - 1$$

والسرعة الناتجة من ذلك أقل مما نحصل عليه بالمعادلة العادية بحوالى ١٢٪ فى حالة السرعة ١٤٤٠٠٠ كم/ث .

لتعليل ظاهرة هبل نوقشت عملية طبيعية أخرى غير ظاهرة دوبلر . ومدلول ذلك أن الفوتونات الضوئية تفقد طاقة أثناء طريقها الذى يستغرق ملايين السنين ، الأمر الذى يؤدى إلى إزاحة حمراء . وظاهرة «الإعياء» هذه فى الضوء تكون أكبر ما يكن بالنسبة للفوتونات الضوئية التى تأتى من أبعد المجموعات النجومية . ولابد أن نشاهد أيضا أكبر إزاحة حمراء فى طيف مثل هذه المجموعات . وكان من الممكن تعليل ظاهرة هبل على هذا النحو لولا عدم وجود نظريات وأرصاد تؤكد هذه الإفتراضات .



الإزاحة الحطيه فى أطياف المجموعات النجوميه الخارجيه . وقد ميزت مقادير إزاحة خطى الكالسيوم H وK بأسهم للمقارنه . وعلى يسار الأطياف أدرجت مسافات المجموعات النجوميه مصدر الطيف تحت صورها .

الظل التام

umbra
ombres *(sf)*
Kernschatten *(sm)*

هى المنطقة التى يكون فيها ضوء مصدر ما منعدم تماما ، بخلاف ← نصف (شبه) الظل ؛ على سبيل المثال ظل القمر أو الأرض أثناء الكسوف أو الخسوف .

الظل الطائر

Shadow bands
ombres volantes *(sf)*
fliegendes Schatter *(sm)*

← الكسوف والخسوف .

الظهر

moon
midi *(sm)*
Mittag *(sm)*

هو اللحظة الزمنية لعبور الشمس خط الزوال . وتبعا لما نعنى من الشمس الحقيقية أو الشمس المتوسطة ، التى نتخيلها متحركة بسرعة ثابتة على طول خط الإستواء السماوى ، فإننا نميز على التوالى بين **الظهر الحقيق والظهر الظاهرى** (الساعة ١٢ حقيق أو على دائرة الوقت المتوسط) . **وإرتفاع الظهيرة** هو إرتفاع الشمس عند عبورها خط الزوال .

ويعرف **خط الظهيره (وسط النهار)** بما يربط بين نقطتى الشمال والجنوب (نقطتى تقاطع خط الزوال مع مستوى الأفق) فى مستوى الأفق ، على أن تطلق **نقطة الظهيرة** أيضا على نقطة الجنوب .

الظواهر الشمسية ـ الأرضية

Solar terrestrial relations
relation solaires terrestriales *(pf)*
Solar - terrestrische Erscheinungen *(sf)*

هى ظواهر معينة تحدث فى جو الأرض بسبب الشمس . إن الشمس تؤثر بجاذبيتها وإشعاعها بطرق كثيرة على الحوادث الأرضية . فمن خلال قوة جذب الشمس تبقى الأرض فى مدارها . وبهذا فإنها تبقى بإنتظام فى منطقة إشعاع الشمس ، الذى يجعل الحياة على سطح الأرض ممكنة وذلك بفعل مكوناته من الضوء والتدفئة . كما أن جاذبية الشمس تشارك أيضا فى نشأة ← المد والجزر . يفهم تحت الظواهر الشمسية الأرضية كل الأحداث المرتبطة بالتغير فى ← النشاط الشمسى وفى هذا الشأن فإن مناطق الإضطراب على الشمس تؤثر بإشعاعها المتغير . ولما كانت شدة النشاط الشمسى تتغير بدوره قدرها ١١ سنة ، فليس من الغريب أيضا أن تنعكس هذه الدورة فى كثير من الظواهر الشمسية الأرضية . وأحيانا يمكن الربط بين حادثة معينة على الأرض وبين ظاهرة شمسية بذاتها (مثل إضطراب شمسى) ؛ إلا أنه يمكن فى الغالب الإستدلال على كون حادث معين هو ظاهرة شمسية أرضية أم لا بواسطة الأبحاث الإحصائية .

يمكن الاحساس بالأشعة الاضطرابية للشمس على ظهر الأرض أساسا عن طريق :

(١) الأيونوسفير
(٢) المجال المغناطيسى الأرضى
(٣) إضاءة الطبقات العليا من الغلاف الجوى الأرضى .

(١) والأيونوسفير هو الطبقة من ← الغلاف الجوى الأرضى ، التى تتأين فيها جزيئاته . ومن هنا فإنه موصل للكهرباء . وتنقسم هذه الطبقة بدورها تبعا للحد الأقصى من كثافة الإليكترونات إلى طبقات D ، E ، F ، التى يجرى فحصها على أساس عاكسيتها للموجات الراديوية . ويحدث التأين بفعل الإشعاع فوق البنفسجى من الشمس و ـ فى الطبقة F_2 ليلا ـ بفعل الإشعاع الجسيمى . وتحدث هناك تغييرات دورية ثلاثة فى إرتفاع وكثافة الطبقة ؛ تغيير يومى ، تغيير سنوى ، وتغيير كل ١١ سنة مرتبط بدورة الكلف الشمسى . وعندما ينبعث من الشمس إشعاع فوق بنفسجى أو تيار جسيمى فإن ذلك يعمل بما فيه من **إضطرابات أيونوسفيريه** على تغيير التأين بدرجة كبيرة فى الأيونوسفير. والإضطرابات الكبيرة فى الكروموسفير مصحوبة بإنبعاثات شديدة فى النطاق فوق البنفسجى من الطيف ، ويتسبب ذلك فى نشأة الطبقة D ذات التأين الشديد فى الأيونوسفير. يصاحب ذلك إنخفاض فى إستقبال الأشعة فوق البنفسجية ، الشيء الذى يعرف **بظاهرة موجل دلنجو** . وعلاوة على ذلك تحدث إضطرابات فى الغلاف الجوى فى نطاق الموجات الطويلة .

(٢) المجال المغناطيسى الرئيسى ← للأرض هو عبارة عن مجال مغناطيسى متغير وقصير الدورة ، ينشأ من التيارات فى طبقة الأيونوسفير . من هنا فإن التغيرات فى الأيونوسفير تعمل على تغيير المجال المغناطيسى الأرضى ، الشيء الذى يعرف **بالتغييرات**

المغناطيسية . وتعمل الإضطرابات الإشعاعية من الشمس على إضطراب يومى تقريبا فى النشاط المغناطيسى الأرضى . ويتسبب الإشعاع الجسيمى الشديد ، المنطلق من الشمس أحيانا ، فى حدوث إضرابات كبيرة فى المجال المغناطيسى الأرضى ، وهو ما يعرف **بالعواصف المغناطيسية** .

(٣) تتسبب التيارات الجسيمية كذلك عند دخولها جو الأرض فى ظهور ← الضوء القطبى ، الذى يحدث فى نفس وقت حدوث الإضطراب فى كل من الأيونوسفير والمجال المغناطيسى الأرضى .

ومن المعروف جدا كظواهر شمسية أرضية بعض الظواهر المتيورولوجية والبيولوجية ، إلا أن علاقة هذه الظواهر مع الأحداث الشمسية لا يزال محل جدال . ومن ذلك العلاقة بين شيوع الكلف الشمسى والتغيير الطفيف فى درجات الحرارة فى المناطق الإستوائية وكذلك مع كمية المطر . (فى خطوط عرضنا يغطى هذا التغير التأرجح الغير منتظم فى الطقس) . وكمثال لمثل تلك الظواهر نأخذ بحيرة فيكتوريا فى شرق إفريقيا ، حيث يرتفع مستوى ماؤها أثناء قمة الكلف الشمسى حوالى ١ م عنه فى حالة الهدوء الشمسى . ومن الواضح وجود علاقة بين عرض الحلقات فى جذوع بعض الإشجار وشيوع الكلف الشمسى . وهناك بعض الظواهر البيولوجية التى لا تزال علاقتها مع النشاط الشمسى غير معروفة ، مثل إنتشار الأوبئة أو التغيير فى خواص تفاعل الدم (أعداد فاوكنج) .

ع

عائلة المشترى

Jupiter family
famille Jupitaire *(sf)*
Jupiterfamilie *(sf)*

هى عائلة من ← المذنبات .

العاديات

high velocity stars
étoiles à grande vitesse *(pf)*
Schnellläufer *(pm)*

هى نجوم تزيد سرعاتها بالنسبة للشمس عن ٦٥ كم/ث . وليس لهذه النجوم ، عموما ، نفس إتجاه الحركة فى الفضاء مثل الشمس فى حركتها حول نواة مجموعة سكة التبانه ، وإلا أصبحت سرعتها الحقيقية فى الفضاء ، التى تتكون من مركبتى السرعة بالنسبة للشمس وسرعة دوران الشمس حول نواة سكة التبانه (٢٥٠ كم/ث) ، أكبر من سرعة الإفلات (٣١٠كم/ث) من سكة التبانه عند مكان الشمس . ولو أن نجما تعدت سرعته سرعة الإفلات فإنه يترك مجموعة سكة التبانه ، لأن جذب النجوم الأخرى له يصبح صغيرا بدرجة لا تكفى للإحتفاظ به فى المجموعة . أى أن العاديات ليست سابقة للشمس فى حركتها وإنما تبقى فى الغالب خلفها . من هذه النظرة فإن تسميتها بالنجوم البطيئة يمكن أن يكون مناسبا أكثر . وحركة هذه النجوم يغلب عليها الإتجاه إلى خارج نواة سكة التبانه أو العكس ومن ذلك يبدو واضحا أن العاديات تدور حول سكة التبانه فى مدارات ذات إهليجية كبيرة . وربما خرجت هذه النجوم من النواه وتغطس فيها ثانية . وحتى الآن تم إكتشاف حوالى ٦٠٠ عاديا وكلها تنتمى إلى الجمهرة الثانية .

العاصفة الراديوية

radiosturm
orage radio *(sm)*
Radiosturm *(sm)*

هى زيادة تستمر لوقت طويل فى الاشعاع الراديوى من ← الشمس .

العاصفة الضوضائية

burst
sursant radioelectrique *(sm)*
Bursl *(sm)*

هى مركبة سريعة التغير من الاشعاع الراديوى ← للشمس .

العاكسيه

Albedo
albedo *(sm)*
Alpedo *(sf)*

هى مقياس لقوة إنعكاس الضوء من السطوح الغير مستوية أى غير المرايا . وتعرف أيضا بالبياض أو البريق . يتم معرفة العاكسيه بطرق مختلفة مع إفتراض الصلاحية الجزئية لبعض قوانين الإنعكاس . ولا ينطبق التحفظ الأخير على **العاكسية الكروية** ، التى عرفها «بوند» بأنها عبارة عن نسبة كمية الضوء المنعكسة على مساحة كروية فى جميع الاتجاهات إلى كمية الضوء الكلية الساقطة على تلك المساحة . والإفتراض الإضافى بأن الضوء الساقط لابد أن يكون متوازيا متوفر دائما فى التطبيق الفلكى نظرا لطول المسافة بين مصدر الضوء والجسم العاكس .

وعاكسية كل من الكواكب والأقمار مهمة فى علم الفلك . وحيث أن هذه الأجسام تستمد ضوئها من الشمس فإن لمعانها يعتمد على بعدها عن الشمس وعن الأرض وعلى حجمها ومقدار عاكسيتها . ويمكننا تعيين العاكسية إذا عرفنا كل من حجم الجسم وبعده عنا . وعاكسية كل من القمر وعطارد صغيرة (الجداول) ؛ ولابد أن هذين الجسمين رديئى العاكسية ، أى أجسام ذات سطوح داكنة . وللكواكب الأخرى عاكسية كبيرة ، على سبيل المثال الزهرة . يرجع هذا إلى أن إنعكاس الضوء لا يحدث على السطح وإنما على الغلاف الجوى الكثيف للكواكب . فللكتل الغازية مثل السحب قدرة إنعكاس عالية . لذلك فإن عاكسية الأرض كبيرة نسبيا . وقد أمكن قياسها من لمعان الجزء غير المضاء من سطح القمر .

ويحاول الباحثون الوصول إلى معرفة طبيعة سطح الكواكب عن طريق ما تم قياسه لها من عاكسية ومقارنة ذلك بالمواد الأرضية (← كوكب) .

عالمية الكون

univers postulate
postulat d'univers
Weltpostulität *(sn)*

← الكسمولوجى .

العبور

culmination, meridian passage
culmination *(sf)*
Kulmination *(sf)*, **Durchgang** *(sm)*

(١) هو اللحظة التى يصل فيها جرم سماوى فى أثناء حركته اليومية الظاهريه فى السماء إلى أعلى نقطة فوق أو تحت أفق مكان الرصد ، أى أن الجرم السماوى يوجد إما فى نقطة **العبور السفلى** أو **العبور العلوى** . أما فى حالة النجوم الحسان فتواجد كل من نقطة العبور العلوى والسفلى فوق الأفق (الشكل ، ← حركة الأجرام السماوية) . وفى أثناء العبور تكون الأجرام السماوية على خط زوال مكان الرصد .

(٢) هو مرور أى من كوكبى عطارد أو الزهرة أمام قرص الشمس فيشاهد كقرص صغير قاتم . وحتى يحدث ذلك لابد من أن يكون للكوكب فى الإقتران السفلى عرض بروجى صغير جدا وإلا فإنه يمر أسفل أو أعلى قرص الشمس . ويتكرر عبور عطارد كل ثمانية

قيم العاكسية

للأجرام السماوية	الزهرة	الأرض	عطارد	القمر	(قمر المشترى) كاليستو
	٠ر٧٦	٠ر٣٩	٠ر٠٦	٠ر٠٧	٠ر١٥
للمواد الأرضية	الطباشير	السحب	الجرانيت	فيزوفاشا	إتنالافا
	٠ر٨٥	٠ر٧٠	٠ر٣١	٠ر١٦	٠ر٠٤

سنوات فى المتوسط بينما عبور الزهرة اندر من ذلك بكثير . وفى القرن الماضى حدثت عبورات للزهرة فى أعوام ١٨٧٤ ، ١٨٨٢ . وفى القرن الحالى لا يوجد أى عبور من هذا النوع . وأقرب عبور سوف يحدث فى عامى ٢٠٠٤ ، ٢٠١٢. وقد إستخدم عبور الزهرة فى الماضى لتعيين إختلاف المنظر بالنسبة للشمس .

العُتمه

opacity
opacité *(sf)*
Opazität *(sf)*, **Undurchlassigkeit** *(sf)*

هى خاصية الغاز فى إضعاف ما يمر به من إشعاع ؛ ← الإمتصاص .

العجلة

acceleration
accéleration *(sf)*
Beschleunigung *(sf)*

هى معدل تغيير السرعة فى وحدة الزمن . ووحدة العجلة هى المتر/الثانية المربعة أو إختصارا م/ث٢ وعليه فإن ١ م/ث٢ هى عجلة جسم تتغير سرعته تغيرا منتظما بمقدار ١م/ث . وتعنى القيم السالبة للعجلة إعاقة للحركة أى إبطاء للسرعة .

عجلة التثاقل

gravity acceleration
accéleration de la pesanteur *(sf)*
Schwerebeschlunigung *(sf)*

فى المعنى الدقيق هى العجلة التى يبدأ بها جسم حر السقوط على مركز الأرض تحت تأثير ← قوة الجذب ؛ وفى المعنى العام العجلة التى يبدأ بها جسم فى السقوط تحت تأثير جذب ، وناحية مركز ، جسم آخر ، نجم مثلا . فإذا رمزنا لكتلة الجسم الجاذب بالرمز M وإلى نصف قطره بالرمز R فإن عجلة التثاقل : $g = GM/R^2$ ؛ حيث G = ٦٧ر٧ × ١٠٠٨^-٨ داين . سم٢ . جم٢ عبارة عن ثابت الجاذبية .

وعجلة التثاقل السائدة فوق سطوح الأجسام السماوية يمكن إستخراجها بالنسبة للنجوم التى لا تعرف كتلها وأنصاف أقطارها ، وذلك من الدراسات الطيفيه لأجواء تلك النجوم ، لأن الضغط السائد فى جو النجوم وبالتالى ظروف الإثاره والتأين يمكن حسابها بدلالة عجلة التثاقل . وعجلة التثاقل متساوية تقريبا لجميع نجوم التابع الرئيسى ، الشىء الذى يتضح من جدول ← الأبعاد الطبيعيه وإعتمادها على النوع الطيفى . وفى حالة النجوم العمالقة فإن عجلة التثاقل صغيرة نظرا لنصف القطر الكبير وذلك بالمقارنة بقيمة عجلة التثاقل للشمس . وبالمثل نجد عجلة التثاقل للأقزام البيضاء كبيرة ، بسبب صغر نصف قطرها ، وتصل آلاف المرات مثل عجلة تثاقل الشمس .

ويوضح الجدول الآتى قيمة عجلة التثاقل فوق سطح بعض أجسام المجموعة الشمسية ، وتنسب فيه القيم بالنسبة لعجلة التثاقل فوق الشمس .

الشمس	١٫٠٠٠	القمر	٠٫٠٥٩١	يورانوس	٠٫٣٧٠
عطارد	٠٫١٣٨	المريخ	٠٫١٣٦	نبتون	٠٫٤٠٢
الزهره	٠٫٣٢٠	المشترى	٠٫٩٠٠	بلوتو	٠٫٢٥٦
الأرض	٠٫٣٥٨	زحل	٠٫٣٨٠		

العدد الترتيبى (العدد الذرى)

atomic number
nombre atomique *(sm)*
Ordnungszahl *(sf)*

هو عدد البروتونات فى نواة الذرة ز ويعطى هذا العدد إنتهاء نواة ذرة ما إلى عنصر كيماوى بذاتـه وفى نفس الوقت رقم هذا العنصر فى الجدول الدورى للعناصر ؛← تركيب الذرة .

عدد النجوم

Star number
nombre des étoiles *(sm)*
Sternzahl *(sf)*

هو عدد النجوم فى وحدة المساحة على الكره السماوية وحتى حد لمعان ظاهرى معين m – يرمز لذلك بالرمز A (m) ـ أو للمعان ظاهرى متوسط m ـ فى هذه الحالة يرمز للعدد بالرمز N (m) .

ويتم تعريف العدد N (m) بحيث يشمل كل النجوم فى حيز اللمعان من (m + ½) حتى (m + ½) . وكل من A (m) ، N (m) يستخدم كمعلومات عددية للإحصاء النجمى ويتم إستنتاجها بواسطة تعداد النجوم إما فى كل السماء أو فى حقول مختارة .

يزداد عدد النجوم بشدة كلما قل اللمعان الظاهرى . وكمثال على ذلك يوجد فى الجدول N (m) لمناطق قريبة من مستوى المجرة ولأخرى ذات عروض مجرية عالية ، ويلاحظ أن ذلك كله مأخوذ لطول مجرًى متوسط . ومن هذا الجدول يتضح أنه فى العروض المجرية الصغيرة يزداد عدد النجوم بسرعة أكبر منه فى العروض العليا ، الشىء الذى يحتمه الشكل القرصى لمجموعة سكة التبانه ، المماثل بالنسبة لمستوى المجره ، كما يحتمه موقع الشمس فى هذه المجموعة . ويتضح أيضا تركيز النجوم ناحية مستوى المجرة من النسبة A (m) عند مستوى المجره أى (Ao) إليها عند قطب المجره أى A90 والمدرجة فى العمود الأخير من الجدول . أعداد النجوم N (m) لكل درجة مربعة لسلسلة من اللمعانات الظاهرية المتوسطة فى العروض المجرية المختلفة ، وكذلك نسبة A (m) فى مستوى المجره (Ao) إليها عند أقطاب المجره (A90) .

العدد النسبى للكلف الشمسى

sunspot number
nombre relatif des taches solaires *(sm)*
Sonnenfleck Relativzahl *(sf)*

← البقع الشمسية .

m	N (m) من صفر إلى ٢٠°	N (m) من ٤٠° إلى ٩٠°	A0 / A90
٤	٠ر٠١٣	٠ر٠٠٥٣	٣ر٤
٦	٠ر١٠٧	٠ر٠٤٤	٣ر٤
٨	٠ر٨٣٢	٠ر٣٣٧	٣ر٦
١٠	٦ر١٨	٢ر٣٣	٤ر٣
١٢	٤٣ر	١٣ر٨	٥ر٦
١٤	٢٧٥ر	٦٧ر٨	٨ر٤
١٦	١٥٥٠ر	٢٦٧ر	١٣ر٢
١٨	٧٣١٠ر	٥٤٨ر	٢١ر١
٢٠	٢٨٢٠٠ر	٢١٤٠ر	٣٤ر٤
٢٢	٥٠٩٠٠ر	٣١٣٠ر	٤٤ر٢

العدد النووى

atomic number
numéro atomique *(sm)*
Kernladungszahl *(sf)*

هو عدد البروتونات فى النواه ← العدد الترتيبى (الذرى) .

عدسة مينسكوس

positive Miniscus
Ménisque convergent *(sm)*
Miniskuslinse *(sf)*

← المنظار العاكس .

عدم إستقرار الهواء

Seeing

هو ← تألق ضوء النجوم .

العذراء

Virgo, Vir *(L)*
virgin
vierge *(sf)*
Jungfrau *(sf)*

برج يرمز له بالرمز ♍ . وهو إحدى بروج دائرة الحيوانات فى نطاق خط الإستواء السماوى ، ويرى فى ليالى الربيع . والنجم α ← السنبلة شديد اللمعان ، أما بقية النجوم الأخرى فهى أخفت كثيرا . وفى هذا البرج يوجد عدد كبير من المجموعات النجومية الخارجية ، بالاضافة إلى ← المنبع الراديوى العذراء -A . وتعبر الشمس هذا البرج أثناء حركتها السنوية الظاهرية من منتصف سبتمبر حتى نهاية أكتوبر . فى أثناء ذلك تعبر الشمس فى حوالى ٢٣ سبتمبر خط الاستواء السماوى فى نقطة الخريف من الشمال إلى الجنوب . ونقطة الخريف توجد فى هذا البرج .

العربة

bear
ourse *(sf)*
Wagen *(sm)*

إنظر كوكبة ← الدب .

العربة السماوية

Celestial wagon
wagon céleste *(sm)*
Himmelswagen *(sm)*

انظر كوكبة ← الدب .

العربة الصغرى

ursa minor
petite ourse *(sf)*
kleiner Wagen *(sm)*

انظر كوكبة ← الدب الأصغر .

العربة الكبرى

Ursa Major, great wagon
grande ourse *(sf)*
grössser Wagen *(sm)*

انظر كوكبة ← الدب الأكبر .

العرض

latitude
latitude *(sf)*
Breite *(sf)*

هو فى الفلك إحداثى من إحداثيات النظام البروجى والمجرى . والعرض هو عبارة عن البعد الزاوى لجرم سماوى عن مستوى الإستواء البروجى أو المجرى (الشكل ؛ ← الإحداثيات) . والعرض الجغرافى هو عبارة عن الزاوية المحصورة بين إتجاه قوة الجاذبية فى مكان الرصد ومستوى الاستواء ، ← التحديد الجغرافى للمكان . وتقاس العروض بالدرجات ؛ بالموجب فى إتجاه القطب الشمالى وبالسالب فى إتجاه القطب الجنوبى .

عزم الدوران

rotational momentum
moment de rotation *(sm)*
Drehmoment *(sm)*

هو حاصل ضرب القوة المؤثرة على دوران جسم ما فى المسافة بين نقطة تأثير هذه القوة ومحور الدوران . وحسب عزم الدوران تتغير كمية الحركة الدورانية (← كمية الحركة) .

العصا الصليبية
cross stick
bâton croixier *(sm)*
Kreuzstab *(sm)*

إحدى ← الآلات الفلكية التاريخية .

العصا المستقيمة
straight stick
bâton droit *(sm)*
Gradstab *(sm)*

هى إحدى ← الآلات الفلكية التاريخية .

عصا يعقوب
Jacob's rod
bâton de Jacob *(sm)*
Jakobstab *(sm)*

(١) حزام الثلاث نجوم فى كوكبة ← الجبار .
(٢) إحدى ← الآلات الفلكية التاريخية .

عطارد
mercury
Mercure *(sm)*
Merkur *(sm)*

هو اقرب الكواكب إلى الشمس ويرمز له بالرمز ☿ . يتحرك عطارد فى قطع ناقص حول الشمس بسرعة متوسطة قدرها ٤٧٫٩كم/ث وزمن دورته (النجمية) حوالى ٠٫٢٤ عام . وبإهليجية مداره البالغة ٠٫٢٠٥٦ فإن عطارد ثانى كوكب فى كبر إهليجية المدار . تقدر المسافة المتوسطة للكوكب عن الشمس حوالى ٠٫٣٨٧ وحدة فلكية وتتأرجح المسافة الحقيقية من ٠٫٤٦٦ إلى ٠٫٣٠٧ وحدة فلكية ، كما يتأرجح بعد الكوكب عن الأرض من ٢١٧ إلى ٨٢ مليون كم . ويميل مستوى مدار عطارد على مستوى مدار الأرض بمقدار ٧° . كما يتغير مدار عطارد باضطرابات عدة أكثرها ألفة لنا هو دوران خط الأوج والحضيض . وهذا الدوران يستعان به كإختبار ← لنظرية النسبية العامة .

يبتعد عطارد عن الأرض إلى أقصى إستطالة له حيث يبلغ ٢٧° شرقا وغربا من الشمس ، التى يبدو الكوكب متأرجحا حولها بدورة طولها ١١٦ يوما . أى أن الكوكب يشرق فى النادر قبل ساعة من شروق الشمس وكذلك يغرب نادرا بعد ساعة من غروب الشمس ولهذا السبب يندر مشاهدته على الرغم من لمعانه الذى يصل القدر ـ ١ . وعلى غرار ← الزهرة فإن لعطارد تغيير أطوار .

يتغير القطر الظاهرى لعطارد مع البعد عن الأرض بين ٥" ، ١٥" . وهذا القطر يقدر بحوالى ٤٨٤٠كم أى ٣٨٪ من قطر دائرة خط الإستواء الأرضى . وعطارد ليس مفلطحا . وكتلته تبلغ ٠٫٠٥٦ من كتلة الأرض ، كما تبلغ كثافته المتوسطة ٥٫٦٢ جم/سم٣ أى تقريبا قيمة كثافة الأرض . وبسبب صغر الكتلة فإن قوة الجاذبية على سطح عطارد تبلغ فقط ٣٩٪ من قيمتها على سطح الأرض . وعلى أى حال فإنه لا يزال هناك شك فى القيم التى تم تحديدها لكل من الكتلة والحجم وهناك قيما مختلفة لها . وتبلغ مدة دوران عطارد حول نفسه ثلثى زمن دورانه النجمى أى ٨٥٫٦٥ يوما .

وبسبب صغر قوة الجاذبية وإتفاع درجة الحرارة يمكن لعطارد الاحتفاظ بغلاف جوى رقيق فقط ، تبلغ كثافته عند سطح الكوكب حوالى ٠٫٠٠٣ من كثافة جو الأرض . لذلك يمكن مباشرة رؤية سطح الكوكب . وعلى الرغم من ذلك فإن الكثير لا يزال غير معلوم عن تضاريس السطح بسبب ظروف الأرصاد غير الملائمة . ويمكن تمييز بعض التضاريس الكبيرة . ويفترض التشابه العام بين تضاريس كل من سطح عطارد والقمر، ويؤيد ذلك العاكسيه المنخفضه التى تقدر بحوالى ٠٫٠٦ . وبسبب دوران عطارد البطيء تسخن جدا الناحية النهارية من سطحه . فيمكن أن تكون درجة حرارة السطح حوالى ٣٥٠° مئوية أو حتى أعلى من ذلك . أما على الناحية الليلية فيمكن أن يؤدى الإشعاع إلى تبريد يصل بدرجة الحرارة إلى ـ ٢٠٠° مئوية . والإشعاع الساقط على الكوكب والخارج منه لا يتأثران بالغلاف الجوى الرقيق ، أنظر أيضا ← الكواكب .

العَطايه

Lacerta, Lac *(L)*
Lacetra
Lezard *(sm)*
Eidechse *(sf)*

هى كوكبة ← الورل .

العُقاب

Aquila, Aql *(L)*
eagle
aigle *(sm)*
Adler *(sm)*

هو كوكبة فى المنطقة الإستوائية يتم مشاهدتها فى سماء ليالى الصيف . وألمع نجم فى هذه الكوكبة هو ← الطائر ، الذى ينتمى إلى **المثلث الصيفى** . وتمتد سكة التبانه خلال كوكبة العقاب .

العقد (**أو العقدتين**)

nodes
noeud *(sm)*
Knoten *(pm)*

هى نقطة تقاطع مدار جرم سماوى مع المستوى الأساسى للإحداثيات ، وفى حالة المجموعة الشمسية إذا كان هذا المستوى هو مستوى البروج . **والعقدة الصاعدة** (☊) هى تلك النقطة التى يقطع فيها مدار الجرم السماوى المستوى الأساسى فى إتجاه الشمال ، بينما **العقده الهابطة** (☋) فى إتجاه الجنوب . وفى حالة نجم مزدوج يتخذ المستوى الماس للكره السماوية والذى يقع فيه مركز ثقل المجموعة كمستوى أساسى . ويطلق **خط العقدتين** على الخط الواصل بين العقدتين .

ولتحديد مدار ما فى المجموعة الشمسية فإننا نستعمل بجانب عناصر المدار الأخرى طول العقده الصاعده ، **طول العقده** ، أى المسافة الزاوية بين العقدة الصاعده ونقطة الربيع (الشكل ، ← عناصر المدار) .

وبسبب الإقلاق المتبادل لأجسام المجموعة الشمسية فإن مدارات الكواكب والأقمار لا تظل ثابته وإنما يغلب ان تدور خطوط العقد . وفى حالة الكواكب يبلغ الدوران السنوى ، الذى يحدث فى نفس إتجاه دوران الكوكب فى مداره حول الشمس ، أقل من ١َ . ويقابل ذلك ٢٠َ ١٩ْ فى حالة مدار القمر . ويتم حدوث الكسوف والخسوف فقط عندما يتواجد القمر فى عقدة من مداره أو قريبا منها مباشرة . وقد سميت العقدتين قديما **بنقطتى التنين** لأن الإنسان القديم اعتقد أن الشمس والقمر يبتلعهما تنين وقت الكسوف أو الخسوف .

عقد الثريا

Alcyone *(L)*

هو ألمع نجم فى حشد ← الثريا .

العقرب

Sconpius, Sco *(L)*
Scorpion
Scorpion *(sm)*
Scorpion *(sm)*

هو أحد الأبراج فى نصف الكره السماوى الجنوبية ويرمز له بالرمز **m** . وألمع نجم فى هذا البرج هو النجم α (ألفا) ← نير أو قلب العقرب . ويجوب حزام سكة التبانه خلال البرج وإن كان لمعانه خافت جدا فى العروض العليا وبه فى هذا المكان عديد من السدم المجرية والسحب الداكنة . كذلك يوجد بهذا البرج عدد كبير من الحشود النجمية ، على سبيل المثال **M4** التى تقع مباشرة إلى الغرب من قلب العقرب . وتعبر الشمس فى حركتها السنوية الظاهرة هذا البرج فى بضعة أيام عند نهاية نوفمبر .

العقود النجومية

star chains
chaîne stellaires *(pf)*
Sternkette *(pf)*

هى عبارة عن عدد من النجوم موجودة بالقرب من بعضها على الكره السماوية وتظهر مصطفه فى شكل عقد . ولا يزال من غير المؤكد حتى الآن ما إذا كانت هذه العقود منتمية إلى بعضها فضائيا ، مثلا ناشئه من شريط سديمى ، فتيلى الشكل ، من مادة

ما بين النجوم ، أم أنها فقط بالصدفة فى خط بينما هى فضائيا بعيده تماما عن بعضها .

عكس إتجاه المستقر

antapex
antiapex
Antapex

هو الإتجاه إلى النقطة التى تقابل ← المستقر على الناحية الأخرى من الكرة السماوية .

العلامات الفلكية

astronomical symbols
signes astronomiques *(pm)*
astronomische Zeichen *(pn)*

هى ← الرمز .

العلاقة بين طول الدوره واللمعان

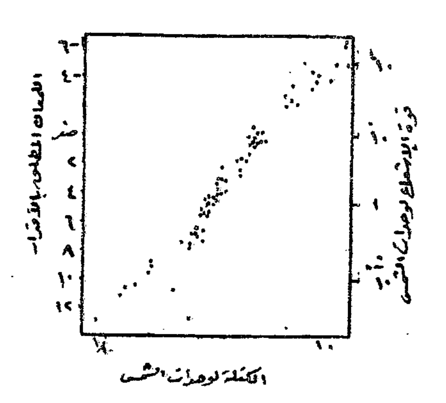
period - luminosity relation
relation période - luminosité *(sf)*
Perioden - Helligkeitsbeziehung *(sf)*

هى علاقة بين طول دورة التغيير الضوئى وبين اللمعان المطلق فى حالة ← نجوم دلتا قيفاوى .

علاقة الكتلة وقوة الإشعاع

mass - luminosity relation
relation masse - luminosité *(sf)*
Masse - Leuchtkraft - Beziehang *(sf)*

هى علاقة موجودة بين بعدى النجم ؛ كتلته وقوة إشعاعه . ويتضح من الأرصاد أنه فى حالة النجوم ، التى تتبع التتابع الرئيسى ، توجد علاقة وطيدة بين كتلة وقوة إشعاع النجم ، حيث تزداد قوة



العلاقه المرصوده بين الكتله وقوة الإشعاع . والنجوم الثلاثه المنحرفه بعيدا عن التتابع العام أقزام بيضاء .

الإشعاع مع زيادة الكتلة M . وفى المتوسط يصح القول بأن قوة الاشعاع تتناسب مع M3.5. وبالمثل توجد لنجوم التتابع الرئيسى **علاقة بين الكتلة ونصف القطر** ، فيزداد نصف القطر بزيادة الكتله . ولكلا العلاقتين أهمية كبيرة بالنسبة لنظرية التركيب الداخلى (← تركيب الداخلى للنجوم) **وهناك نجد لها تفسيرا نظريا** .

العلاقة بين الكتلة ونصف القطر

masse - radius relation
relation masse - rayon *(sf)*
Masse - Radius - Beziehung *(sf)*

← علاقة الكتلة وقوة الإشعاع .

علم الأحياء الكونى

astrobiology
astrobiologie *(sf)*
Astrobiologie *(sf)*

(١) علم ← الحياة على الأجرام السماوية الأخرى .

(٢) علم الظروف والأخطار التى تواجهها الأحياء الأرضية أثناء ← رحلات الفضاء وأثناء تواجدها فوق أجرام سماوية أخرى .

علم السماء

astronomy
astronomie *(sf)*
Himmelskunde *(sf)*

هو ← علم الفلك .

علم الفلك

astronomy
astronomie *(sf)*
Astronomie *(sf)*

هو علم المادة من حيث توزيعها وحركاتها وحالاتها الطبيعية وتركيبها وتطورها فى الكون . يهتم علم الفلك أيضا بأجسام المجموعة الشمسية (الشمس والكواكب والأقمار والكويكبات والمذنبات والنيازك) ، وبالنجوم (النجوم الثوابت) وبالحشود النجمية والمجموعات النجومية ، التى تنتمى إليها أيضا مجرتنا ، وكذلك بالمادة الغير نجمية والمتناثرة فى

المجموعة الشمسية (مادة ما بين الكواكب) وبين النجوم (مادة ما بين النجوم) وبين المجموعات النجومية (ما بين المجرات). ولا تنتمى الأرض، بصرف النظر عن حركتها، إلى مجال دراسة علم الفلك على الرغم من كونها أحد أفراد المجموعة الشمسية. يرجع ذلك من ناحية إلى أن الانسان قد أدرك متأخرا نسبيا أن الأرض أحد أفراد المجموعة الشمسية، ومن ناحية أخرى تستخدم طرق لدراسة الأرض غير ما يُستخدم فى دراسة الكواكب. وهناك علوم طبيعية تهتم بدراسة الأرض مثل علم الطبيعة وعلم الجغرافيا وعلم الأرصاد الجوية.

ينقسم علم الفلك إلى مجالات متعددة تختلف تبعا للهدف منها والطرق المستخدمة فيها وكذلك إلى حد ما فى طبيعة الأجسام التى يجرى دراستها. وقد يكون التقسيم، الذى يتداخل كثيرا، تبعا لوجهات نظر مختلفة تماما. يختص ← **علم المواقع** أو الفلك الكروى بتحديد مواقع والتغيير فى مواقع الأجرام السماوية وكذلك تحديد الإحداثيات اللازمة لذلك والتغيرات التى تطرأ عليها. وعلم المواقع يمثل أساس التحديد الدقيق للمواقع الجغرافية كما يقوم بتحديد الزمن. وفى جميع هذه الإختصاصات فإن علم المواقع لا يهتم بالاجابة على الأسئلة؛ كيف تتكون الأجرام السماوية فيزيائيا؟ لماذا تضىء وكيف؟... الخ بل إنه يراها فى صورة مثالية كنقط ويقوم من خلال القياسات الزاوية بتحديد إتجاه ضوئها وتختص ← **الميكانيكا السماوية** بدراسة حركات لأجرام السماوية فى الكون، والتى تحدث لها نتيجة لقوة جذب الكتلة. ينطبق هذا فى المقام الأول على حركة الكواكب والأجسام الأخرى فى المجموعة الشمسية حول الشمس. كما ينطبق أيضا على حركة النجوم المزدوجة حول بعضها وعلى حركة النجوم فى الحشد النجمى أو فى المجموعة النجومية. ويمكن بواسطة نتائج الميكانيكا السماوية وعلى سبيل المثال من خلال المواقع الفلكية المرصودة، تحديد دقيق للمدارات ومنها يمكن بعد ذلك حساب المواقع التى سوف نشاهد فيها جسم ما فى وقت لاحق (حساب التقويم الفلكى). يقع هذان المجالان؛ علم المواقع والميكانيكا السماوية تحت إسم الفلك الكلاسيكى. الذى شمل عمليا حتى النصف الثانى من القرن الماضى كل علم الفلك. وتحتل حاليا ← **الفيزياء الفلكية** مكانة كبيرة فى الأبحاث الفلكية. وتبحث الفيزياء الفلكية فيما يصل إلى الأرض من إشعاع الأجرام السماوية من حيث اللمعان والتركيب الطيفى؛ ويرجى من ذلك الحصول على معلومات عن الأحوال الطبيعية والتركيب الكيماوى للأجرام السماوية وعن أقطارها وتركيب سطوحها وتركيبها الداخلى وسبب اشعاعها ... الخ. وتنقسم الفيزياء الفلكية بدورها إلى مجالات متعددة وتعمل على دراسة أجسام مختلفة. إن أحدث فروع الفيزياء الفلكية هو ← **الفلك الراديوى**، الذى يقوم بدراسة ما يصل من الكون من إشعاعات فى نطاق الموجات الراديوية، ثم ← **فلك الأشعة السينية**، الذى يعمل على قياس الأشعة السينية بأجهزة خاصة خارج الغلاف الجوى للأرض، ثم ← **فلك الأشعة تحت الحمراء** و ← **فلك النيوترينو** اللذان يبحثان معا فيما يصلنا من النجوم من إشعاعات فى نطاق الأشعة تحت الحمراء وإشعاعات النيوترينو الكونية على التوالى. يبحث ← **الإحصاء النجمى** فى توزيع وحركات النجوم فى مجرتنا، الشىء الذى يتطلب تعداد النجوم ومعرفة دقيقة بأماكنها وتغييراتها وكذلك يتطلب أرصاد فيزيائية فلكية مثل اللمعان وأطياف النجوم. وتحت إصطلاح الاحصاء النجمى تنحصر جميع فروع علم الفلك التى تهتم بالنجوم بطريقة إحصائية أو فيزيائية فلكية على خلاف أجسام المجموعة الشمسية ـ ومادة ما بين النجوم ـ. وهناك علم **نشأة الكون وتطوره** (← **الكسموجونى**) الذى يبحث فى كيفية نشأة

وتطور التجمعات المختلفة للمادة فى الكون ، بينما يهتم **علم نظام الكون** (← **الكسمولوجى**) بتركيب الكون ككل . وأخيرا فإن الفلك المعملى يهتم بدراسة ← **الآلات أو الاجهزة** وطرق الرصد .

يتطلب إنجاز المهام المختلفة إجراء أرصاد وأبحاث نظرية . وعلى العكس من العلوم الأرضية الأخرى مثل الطبيعة والكيمياء فإن إمكانية الابحاث الفلكية محدوده بعدم قدرتنا على الإقتراب من الاجرام السماوية وبالتالى عدم إستطاعتنا إجراء التجارب مباشرة ولكن فقط جمع أرصاد من بعيد . إلا أنه حدث بعض التغيير فى هذا المجال نتيجة غزو الفضاء ، الذى مكن الانسان من اجراء أبحاث مباشرة على القمر والكواكب مثل المريخ والزهرة والمشترى وزحل وكذلك فى المنطقة القريبة من الأرض من مادة ما بين الكواكب . وما نقوم بالبحث فيه من الأجرام السماوية الأخرى يعتمد على ما يأتينا من هذه الأجرام من أشعة ، سواء ذاتيه أو منعكسة على سطوحها أو التى تأثرت بمرورها خلال المادة . وتزداد دراستنا صعوبة نتيجة لكون شعاع الضوء ضعيفا جدا من الأساس ، ويزداد ضعفا عدة مرات خلال طريقه من المصدر إلينا . والمسئول عن ذلك هى مادة ما بين النجوم وكذلك غلاف الأرض الجوى الذى يسمح بمرور أشعة فى نطاق ضيق من حيث طول الموجه . وما نشاهده من هذه الأشعة هو ، على وجه الخصوص ، إتجاهها وشدتها وتركيبها الطيفى وفى المراصد المجهزة تجرى الأرصاد بالأجهزة اللازمة لذلك . كما تمكن وسائل غزو الفضاء من صواريخ وأقمار صناعية من إختراق الجو الأرضى الذى يمثل حاجزا بالنسبة للأرصاد وعن طريق هذه الوسائل يمكننا وضع أجهزة قياس خارج الغلاف الجوى .

إن إجراء الأرصاد ليس هو كل شىء ، ولكن حل المشاكل الفلكية يتطلب إجراء الأبحاث النظرية لتعليل مثل هذه الأرصاد وإستنباط القوانين منها . وتستخدم فى ذلك القوانين المعروفة للرياضة والطبيعة مثل الميكانيكا والديناميكا الحرارية وفيزياء الذرة . ومن جهة أخرى فإن الأبحاث النظرية تشير بإجراء أرصاد جديـدة يتم التحقق عن طريقهـا من صحة نظرية ما أو نستدل بها على تغيير أو تعديل واجب فى النظرية الموضوعة ، وذلك لأن الأرصاد الدقيقة هى الوسيلة الوحيدة للاستدلال على صحة نظرية ما . وعلى هذا فإنه يتضح أن حالة المعرفة الفلكية تعتمد على تقدم تكنولوجيا الرصد ، أى على الامكانيات المتوفرة التى تتيحها الأخيرة وطرق الرصد المعروفة . كما أن مستوى المعرفة الفلكية يعتمد أيضا على معرفتنا بالقوانين الفيزيائية . لهذا فقد حدث دائما تقدم ملحوظ فى علم الفلك عندما ظهرت أجهزة أو طرق رصد جديدة ، على سبيل المثال ، التلسكوب أو الفوتوغرافيا ، أوعندما تطورت مجالات حديثة فى الفيزياء مثل الميكانيكا الكلاسيكية أو فيزياء الذره . ومن جهة أخرى فإن النبضات الجديدة فى علم الفلك تنعكس أيضا على تكنولوجيا الأرصاد وعلى علوم الفيزياء .

ومن المستحيل حاليا أن يلم الفلكى بجميع فروع الفلك . لهذا فقد تخصص الفلكيون كما تخصصت المراصد كل فى مجال معين . وينقسم الفلكيون إلى نظريين ومعمليين وإن كانت الحدود بينهما ليست واضحة كما فى علم الطبيعة مثلا . ولا يستطيع الفرد المضى فى دراسة علم الفلك بدون معرفة جيدة بعلوم أخرى مثل الطبيعة والرياضة . لهذا تحتوى مقررات الدراسة فى الجامعات لطلبة الفلك دروسا متقدمة فى هاتين المادتين .

ويقوم هواة الفلك العديدين فى جميع أنحاء البلاد بنشر المعلومات الفلكية .

عرض تاريخى : علم الفلك هو أقدم العلوم الطبيعية . وقد قامت شعوب الحضارات القديمة ، التى ينتمى إليها كل من البابليين والمصريين والصينيين والهنود والمايا ، بأخذ أرصاد فلكية وذلك لسببين : فمن ناحية أعتبرت الأجرام السماوية آلهة وحركتها إرادة الآلهة ومن ناحية أخرى نبعت الأرصاد الفلكية من الحاجة إلى تقسيم زمنى . وقد أمكن عن طريق الرصد التكهن التقريبى بأماكن تواجد الأجرام السماوية فى أوقات لاحقة على الرغم من عجز الأقدمين عن تفسير حركات تلك الأجرام . وفى هذا المجال ركز الانسان القديم إهتمامه أساسا على حركات النجوم الجوالة والتى إنتمى إليها الشمس والقمر وما يرى بالعين المجردة من الكواكب ، عطارد والزهرة والمريخ والمشترى وزحل . وقد أدت التخيلات الدينية لحركات الأجرام على الكرة السماوية إلى الإعتقاد بإمكانية معرفة الإرادة الإلهية من خلال أماكن الأجرام السماوية ، الشىء الذى أدى إلى علم التنجيم .

وصل الفلك عند البابليونين إلى أعلى مستوى بين الأقدمين . وترجع أقدم التقارير عن الحوادث الفلكية عندهم إلى ما قبل عام ٢٠٠٠ قبل الميلاد ، وإن كانت تتضمن التفسيرات التنجيمية لبعض الحوادث الفلكية . وأكثر الأرصاد الفلكية المؤكدة جدا هو خسوف القمر الذى يرجع إلى عام ٧٢١ ق . م (قبل الميلاد) . بلغ فلك البابليونين ثمرته ما بين القرنين الخامس والسادس ق . م . وفى هذا الوقت كان معروفا زمن الدوران الحقيقى للكواكب التى ترى بالعين المجردة وكذلك دورة ساروس للكسوف .

وأعظم إنجازات البابليونين الأواخر تُمثلها جداول «كدنو» للقمر (حوالى ٣٨٠ ق . م) ، التى إستطاعوا بمعرفتها حساب أول وقت ممكن لرؤية الهلال بعد ميلاده ، وهو معقد جدا نتيجة لحركة القمر . وقد بنى الإغريق بعد ذلك معلوماتهم الفلكية على المعرفة البابليونية ، التى عبرت مع فلك العرب الى الفلك الحديث . وعندما نعتبر فى النهاية الفلك عند البابليونين أساسا للفلك الحديث نجد أيضا أن هؤلاء قد تركوا لنا التنجيم العلم المتحل .

كان الفلك عند المصريين أقل منه عند البابليين . ويبدو أن المصرى القديم لم يهتم برصد الكسوف والخسوف وتسجيلها بإنتظام ولا كان لهم وجهة نظر فى حركات القمر والكواكب . وقد إهتم المصريون ، وكان أغلبهم من القساوسة مثل البابليونيون ـ بالتقاويم وبالذات تحديد موعد فيضان النيل مسبقا ، والذى كان يقع فى هذا الوقت عند الشروق الإحتراق (الهيلاكى) للشعرى اليمانية ، أى بداية ظهورها قبل شروق الشمس . وتدل الآثار المصرية القديمة على إهتمام بالنجوم الثوابت بصفة خاصة .

يمكن تتبع الفلك عند الصينيين بصورة موثوق منها حتى فى القرن الثامن قبل الميلاد . وعلى الرغم من وجود بعض التقارير (منذ ٢٣٠٠ ق . م) عن الكسوف والخسوف إلا أن ذلك ليس مؤكدا تاريخيا . ومازالت لأرصاد ما بعد ذلك (منذ حوالى عام ٧٠٠ ق . م) قيمة علمية عظيمة . ويبدو أن الصينيين ركزوا بصفة خاصة على الأحداث الفلكية مثل الكسوف ، والمذنبات والشهب والبقع الشمسية وصرفوا النظر عن إيجاد قوانين تصف حركة النجوم الجوالة . كما أنهم إكتفوا بإثبات الوقائع الفلكية بدقة كبيرة وربما كان ذلك هو السبب فى إمكانهم التنبؤ بأطوار القمر وحسابهم للكسوف مسبقا (فى القرن الأخير قبل الميلاد) . وقد كانت الأحداث الفلكية تعلل أيضا بالتنجيم عند الصينيين القدماء ، إذ تقضى الآراء الصينية القديمة بوجود علاقة وطيدة بين الأحداث السماوية والأرضية .

لم يُظهر الفلك عند الهنود مجهودا يُذكر . وكانت الحقائق قليلة جدا فى هذا الوقت كما أنها كانت مرتبطة بالألغاز والأسرار . ولم يحدث تقدم ملحوظ إلا بعد الميلاد حيث أخذوا ما هو معروفا عند الإغريق من معلومات وجعلوا يطورون فيه .

من المؤكد أن الأرصاد الفلكية بدأت مبكرة جدا عند شعوب أمريكا الوسطى وخصوصا المايا . ويحكى على سبيل المثال عن الخسوف الكلي للقمر عام ٣٣٧٩ ق . م . وعموما فإن كثيرا من النقوش على داخل الأبنية الموروثة عن المايا تحكى أساسا عن الأحداث الفلكية وعلاقتها بالتقويم الفلكى ، الذى يسود الإعتقاد بأنهم وصلوا إلى ثمرة فيه . ولا يعرف حتى الآن تفسير للمتناقضات فى تأريخ الآثار والأحداث الفلكية المنقوشة عليها .

يرتكز علم الفلك عند الإغريق أساسا على أرصاد الفلكيين البابليونين . وقد إهتم اليونانيون بصفة خاصة بمسببات الحدث أكثر من الحدث نفسه وربما كان ذلك هو السبب فى أن النظريات الأولى لمجموعة الكواكب وضعت فى بلاد اليونان . إن الأغريقيين هم أول من حاولوا وضع تفسير نظرى لحركة الكواكب النسبية . وقد إنطلق الإنسان فى هذا الوقت من مبدأ أن الأجرام السماوية آلهة مقدسة تسير بصورة مثالية ، أعتقد أن تكون الدائرة المنتظمة . وهيمنت إعتبارات الحركة الدائرية المنتظمة للأجرام السماوية على الأزمان الفلكية القديمة والعصور الوسطى إلى أن إستطاع «كبلر» على أساس من الأرصاد إثبات أن الكواكب تتحرك فى مدرات بيضاوية حول الشمس . وقبل ذلك إفترض «فيلوس كروتن» ، أحد تلاميذ «فيثاغورس» (فى نهاية القرن الخامس ق . م) أن الأرض والشمس وجميع الكواكب تدور فى دوائر حول نار مركزية ، ويواجه النار دائما جانب واحد من الأرض ، بحيث لا يرى النار سكان الجانب الآخر . وخيل للإنسان أن الشمس والقمر والكواكب وكذلك الأرض عبارة عن كرات ملتصقة بكره كبيرة وتتحرك معها . ثم جاء «هيراقليس» (حوالى ٣٤٥ ق . م) وأسقط من إعتباره فكرة الحركة حول نار مركزية ، وأفترض أن الشمس والكواكب تتحركان حول مركز مشترك بحيث يقع الشمس والأرض دائما فى مقابل بعضها . أما حركة النجوم الظاهرية التى أفترضت مثبتة فى كرة كبيرة ، أطلق عليها «كرة النجوم الثوابت» ، فقد أعتقد أنها راجعة لدوران الأرض . وقد كانت الخطوات التى تلت ذلك فى تطوير نظرية مجموعة الكواكب من فكر «أرستارخ» (المولود فى حوالى عام ٣٢٠ والمتوفى فى عام ٢٥٠ ق . م) والذى كان عضوا فى أكاديمية الاسكندرية الشهيرة . إفترض أرستارخ وجود الشمس فى المركز ودوران الكواكب وكذلك الأرض حولها . كان «أرستارخ» بذلك هو أول من وضع نظرية الدوران المركزى حول الشمس . أما عدم مشاهدته حركة للنجوم الثوابت ، الشىء الذى كان يجب أن يحدث نتيجة لدوران الأرض حول الشمس ، فقد عللها «أرستارخ» بكبر كرة النجوم الثوابت للدرجة الذى يمكن معها إعتبار مدار الأرض حول الشمس بالنسبة لها صغير جدا . وأرجع أرستارخ حركة النجوم اليومية الظاهرية إلى دوران الأرض حول محورها . ولا يبدو أن أفكار «أرستارخ» قد حازت قبولا ، حيث أن «هيبارخ» و «بطلميوس» عارضاها وقاما بنشر تعاليم مركزية الأرض للكواكب . وتبعا لتلك النظرية تصبح الأرض مركزا تتحرك حوله جميع الكواكب والأجرام السماوية الأخرى فى مدارات دائرية . وقد أعترض وقتها على دوران الأرض حول مركزها وذلك من وجهة النظر أنه إذا كان ذلك صحيحا فلابد أن يتحرك كل ما ليس ملتصقا بجسم الأرض فى الإتجاه المضاد ، أى أن السحب يجب أن تدور ، على سبيل المثال ، ظاهريا من الشرق إلى الغرب .

بينما كانت النظريات حتى ذلك الوقت لتفسير حركات المجموعة الشمسية فلسفية بحتة فقد إهتم «هيبارخ» العالم الفلكى الشهير عند القدماء (حوالى عام ١٩٠ إلى ١٢٥ ق . م) وبمساعدة نظرية التدوير (الابيبسيكل) التى وضعها «برجى» ، من وصف حركات الأجرام السماوية رياضيا . وأصبح ممكنا ، لأول مرة ، بمساعدة هذه النظرية ، عمل تنبؤات

مسبقة لمواقع النجوم الجوالة على الكره السماوية مثلما عمل البابليونيون بواسطة أرصادهم . وقد طور «بطلميوس» (المولود حوالى عام ٩٠ والمتوفى حوالى عام ١٦٠ ب . م) نظرية هيبارخ وسيطرت هذه النظرية على الفلك حتى عصر «كوبرنيكوس» (← نظام الكون ، ← نظرية التدوير (الإيبيسيكل)

بجانب التفكير فى تركيب مجموعة الكواكب قام الفلك عند قدماء الإغريق بإنجازات أخرى . فقد حاول «أرستارخ» لأول مرة قياس أبعاد وأحجام الشمس والقمر بواسطة الأرصاد . ثم أعاد «هيبارخ» تلك الأرصاد ووجد نتائج قيمة مقربة للقمر ، فعلى سبيل المثال قدَّر البعد بين الأرض والقمر بحوالى ٣٣ ٢/٣ مرة مثل قطر الأرض (بينما قيمته الحالية ٣٠ ١/٣ مرة) . أما بعد الشمس وحجمها فقد وجد لها قيمة أصغر عشر مرات عما هو معروف اليوم . وهناك إنجاز آخر قام به اليونانيون القدماء يتمثل فى القياسات الأرضية التى عملها «إراتوسثينس» (٢٧٦ – ١٩٤ق . م) . ويتطابق ما وجده من قيمة محيط الأرض تطابقا عجيبا مع قيمته الحقيقية . وأخيرا فلابد من ذكر سجل النجوم الذى قام بعمله «هيبارخ» والتى فقدت للأسف النسخة الأصلية منه . وقد وجد «هيبارخ» فروقا فى الإحداثيات بين أرصاده وأرصاد النجوم لمن سبقوه وعلل ذلك بأنه راجع إلى تغيير منتظم فى مركز الإحداثيات ، بذلك أصبح «هيبارخ» أول مكتشف للسبق أو تبادر الاعتدالين . وقد قام «بطلميوس» بجمع كل المعلومات الفلكية المعروفة حتى ذلك الوقت فى كتاب من بين محتوياته مصنف النجوم الذى وضعه «هيبارخ» والتى فقدت النسخة الأصلية منه . عرف هذا الكتاب فى العصور الوسطى عن طريق ترجمته العربية تحت عنوانه العربى «الماجسطى» ، وظل المرجع الأساسى لعلم الفلك حتى بداية العصور الوسطى .

بعد ذلك إنتقلت المعرفة الفلكية إلى العرب وأعتمدت فى بقائها وتطورها على الثقافات العربية . وإذا لم يكن العرب قد أضافوا كثيرا إلى علم الفلك فقد كان لهم الفضل فى صيانة فلك الأقدمين وتحقيقه بالأرصاد ونشره . وقد عرفت معظم المخطوطات الفلكيه القديمة بعد ذلك فى ترجماتها العربية وقليل جدا من هذه المخطوطات أخذ طريقه المباشر إلى أوربا .

إن فكرة العرب عن تركيب المجموعة الكوكبية تعود أساسا إلى «بطلميوس» . وفى ذلك قام العرب بالأرصاد اللازمة للتأكد مما جاء به «بطلميوس» مثل زمن دوران النجوم الجوالة وحسنوا بعض هذه الأزمنة . وتؤكد نظرية الإيبيسيكل قيمة جداول الكواكب التى وضعت فى ذلك الوقت . أهم هذه الجداول ما وصفه إبن يونس (حوالى عام ١٠٠٠) والجداول الألفونسية ، التى وضعها «ألفونس العاشر» (١٢٢٣ إلى ١٢٨٤) . ومع الانجازات الأساسية للفلكيين العرب ، لابد من ذكر ما هو معروف حتى الآن من إكتشافهم لتغيير ميل دائرة البروج ووضع عديد من المصنفات الفلكية ومن بينها ما رصده ونشره أمير التتار «ألوج بيك» .

بعد إنتهاء فترة الازدهار الفلكى عند العرب التى كانت واضحة فى القرن الرابع عشر ، إنتقل مركز الثقل فى علم الفلك إلى أرض أواسط أوربا . وأهم ما نعرفه عن الفلك فى ذلك الوقت هو ضبطه للتقاويم وتحديد تواريخ الأعياد المسيحية وبخاصة عيد الفصح ، وكانت نظرية الايبيسيكل لبطلميوس تتخذ أساسا لتلك الحسابات . ولما كانت الاختلافات تتعاظم بإستمرار بين ما يسبق حسابه من مواقع وبين المواقع المرصودة للكواكب والقمر فقد زادت الإنتقادات حدة ، لكنها لم تؤدى إلى رفض نظرية بطلميوس . وإنما أدت إلى إعادة تحديد الثوابت الفلكية الرئيسية . وقد أدرك الانسان وقتذاك أن بإستطاعته وعن طريق الأرصاد فقط أن يصل إلى

الحقيقة . وبهذا الاحساس وضع «ريجيومونتان» (١٤٣٦ ـ ١٤٧٦) خطة تحديد تلك الثوابت الفلكية اللازمة لتحديد الكواكب ومداراتها من جديد وذلك عن طريق الأرصاد المنتظمة لحركاتها ، لكنه لم يستطيع تحقيق ذلك نظرا لموته العاجل . وبطريقة مماثلة عمل «ج . برباخ» (١٤٢٣ ـ ١٤٦١) والذى وضح فيما حصل عليه من معلومات أن الكسوفات الشمسية الكاملة وإن كانت تحدث نادرا إلا أنها ممكنة الحدوث . ولم يصدق «تيكويراهى» تلك المعلومة .

حدث بعد هذا تغير حقيقى ليس راجعا لناحية الأرصاد الفلكية لكنه يرجع إلى الأبحاث النظرية . جاء ذلك نتيجة إعادة التفكير فى الأساس النظرى لنظرية الكواكب . وكان ذلك من عمل «كوبرنيكوس» (١٤٧٣ ـ ١٥٤٣) ، الذى وجد أن نظرية مركزية الشمس تعطى تفسيرا أكثر بساطة لحركات الكواكب عن نظرية مركزية الأرض لبطلميوس . بذلك فإنه من الأسهل التصور أن حركة النجوم الظاهرية راجعة إلى دوران الأرض حول محورها بدلا من الزعم بأن الأرض ثابتة فى المركز والنجوم الثوابت تدور حولها مثبته فى الكرة السماوية . إفترض «كوبرنيكوس» أن الكواكب تدور حول الشمس فى مدارات إهليجية وبسرعات منتظمة . ولم يستطع «كوبرنيكوس» تعليل الفروق بين النظرية والأرصاد ، الشىء الذى أبقى على نظرية الايبيسيكل . وقد كانت تلك الفروق بجانب إعتراضات فلسفية ودينية أخرى سببا جعل الفلكيين الممتازين ومنهم «تيكوبراهى» يرفضون معتقدات «كوبرنيكوس» . بالاضافة إلى ذلك فقد كانت هناك إعتراضات موضوعية ضد دوران الأرض حول الشمس كما كانت ضد نظرية «هيبارخ» . وكان أصعب هذه الاعتراضات هو عدم وجود حركة إختلاف المنظر للنجوم الثوابت . إنه وإن كانت نظرية كوبرنيكوس قد إصطدمت بمقاومة عاتية إلا انها ظلت مضاهية لنظرية بطلميوس التى ظلت سائدة حوالى ألف وخمسمائة عام . حاول تيكوبراهى (١٥٤٦ ـ ١٦٠١) إيجاد نظرية خاصة للكواكب كحل وسط بين نظريتى بطلميوس وكوبرنيكوس لكنها لم تحظى بالرضى كنظرية منفصلة . كان تيكوبراهى يمثل الرأى بأننا نستطيع فقط من خلال الأرصاد الدقيقة أن نقارن بين النظريتين . وأعطى تيكوبراهى بأرصاده الدقيقة لخليفته «كبلر» ، الذى كان يعمل رياضيا فى بلاط القيصر بمدينة براغ ، إمكانية الفصل بين النظريتين ، فانحاز جون كبلر (١٥٧١ ـ ١٦٣٠) لنظرية كوبرنيكوس وحاول شرحها فى بحثه الذى سماه «بأسرار الجغرافيا الفلكية» وذلك على أسس رياضية . بالرغم من ذلك لم يستطع كبلر إيجاد توافق بين فكرته وبين الحقيقة . وعندما جاء الى براغ لدراسة أرصاد براهى على المريخ حاول تعليلها بحركة دائرية أولا ثم بحركة فى مجسم دائرى حول الشمس . لكنه لم يوفق فى إثبات صلاحية أى من الحركتين . واستطاع فقط إيجاد تطابق بين الأرصاد والنظرية عندما بدأ فى جعل الكواكب تتحرك فى مدار إهليجى تحتل الشمس أحدى بؤرتيه . قام كبلر بنشر إكتشافاته قانونى كبلر الأول والثانى فى بحث سماه الفلك الجديد «أسترنوميا نوفا» . وقد أثبت بهذا الاكتشاف أن مركزية الشمس أبسط كثيرا عن نظرية الإيبيسيكل وأن مركزية الشمس تعطى بمعونة قوانين كبلر الجداول الألفونسية للكواكب . ثم نشر كبلر قانونه الثالث الذى يبين العلاقة بين زمن الدوران وحجم المدار فى بحثه «هارمونيكا موندى» . وقد تخيل كبلر النجوم الثوابت كما لو كانت منتظمة فى غلاف رقيق لكرة تحدد نهاية الكون . وقد رفض كبلر بذلك رفضا قاطعا تعاليم برونو (١٥٤٨ ـ ١٦٠٠) التى تقول فى معرض من حديثها عن تصورات فلكية غير معتمدة على تدليل ، بأن النجوم الثوابت عبارة عن شموس أخرى مبعثرة فى جميع أنحاء الكون .

وفى وقت المنازعات على أصح نظرية للكواكب

حدث إختراع المنظار الذى تطور بسرعة ليكون أهم آلة بالنسبة لعلماء الفلك . وبإختراع المنظار ترتبط إكتشافات هامة جذبت إهتمام الناس وأدت إلى تغيير بعض المعتقدات الحديثة عن الفلك . كان من بين ما أكتشف جاليليو (١٥٦٤ – ١٦٤٢) بواسطة منظار ذا عدسة واحدة من صنع يده كل من أقمار المشترى وتغيير أطوار الزهرة والجبال القمرية وكذلك حقيقة أن سكة التبانه مكونة من مجموعة كبيرة من النجوم . وقد أعتبرت هذه الإكتشافات دليلا على صحة تعاليم كوبرنيكوس . والشىء العجيب أن جاليليو نفسه لم يهتم بتعالم كبلر الواضحة . فى نفس الوقت تقريبا تم كذلك إكتشاف البقع الشمسية ثم إكتشف «فابريشيوس» (١٥٦٤ – ١٦١٧) أولى النجوم المتغيرة ووضع «باير» (١٥٧٢ – ١٦٢٥) أول خريطة ممكنة الإستعمال للنجوم . كما تم فى هذا الوقت أيضا تعديل التقويم فى عهد البابا جريجورى الثالث عشر (١٥٨٢) .

يغلب على القرن الذى تلى كبلر اسم نيوتن (١٦٤٣ – ١٧٢٧) . وكان كبلر قد قال بناءا على دراساته لحركة الكواكب حول الشمس أن هناك قوة تخرج من الشمس وترغم الكواكب على البقاء فى مداراتها إلا أنه لم يوفق فى المجىء بدليل على ذلك . وبقى هذا لنيوتن ، الذى أثبت أن القوة التى تسبب حركة الكواكب حول الشمس تتناسب عكسيا على مربع المسافة بين الكواكب والشمس . وأصبح بذلك واضحا تمثيل حركة الكواكب حول الشمس فى قطاعات مخروطية عن طريق تطبيق قانون كبلر الثانى وأستنتج نيوتن أن هذه القوة مشابهة تماما لتلك القوة التى تجعل على سبيل المثال حجرا يسقط على الأرض . نشر نيوتن قانون الجاذبية الذى نتج عن هذه الأفكار فى بحثه الرئيسى «فيلوسوفيا ناتشراليس برنسيبيا ماتيماتيكا» واستطاع بمعونة هذا القانون وضع نظرية لكل من المد والجذر والسبق أو تبادر الإعتدالين .

كانت التحسينات التى طرأت على المناظير وطرق تركيبها وكذلك على الساعات هامة فى النجاح التالى لعلم الفلك . وعلى وجه الخصوص لابد من ذكر «رومر» (١٦٤٤ – ١٧١٠) الذى بنى أول دائرة زوال فى عام ١٧٠٤ ، وكذلك هيجنز (١٦٢٩ - ١٦٩٥) الذى بنى أول ساعة ذات بندول . قامت أولى المراصد الكبيرة فى ذلك الوقت ، بعد تلك التى شُيدت فى عهد تيكوبراهى ؛ مثل مرصد باريس فى حوالى عام ١٦٧٠ وبعده بقليل من السنين مرصد جرينتش ثم المرصد الذى أفتتح فى برلين عام ١٧٠٠ .

إستطاع كازينى (١٦٢٥ – ١٧١٢) فى عام ١٦٧٢ ، وبإستعمال قانون كبلر الثالث حساب المسافة الهامة بين الشمس والأرض وذلك بإستعمال أرصاد المريخ . وقد كان هذا أول تحديد دقيق لبعد جرم سماوى أبعد من القمر . وأقترح هالى (١٦٥٦ – ١٧٤٢) فى عامى ١٦٩٣ ، ١٧١٢ طريقة محسنة لذلك . كما قام هالى لأول مرة فى عام ١٧٠٦ بحساب مدار المذنبات حول الشمس وأوجد أزمان عودة المذنب المسمى بإسمه . وكانت طريقه تحديد المدارات قد عُرفت عن نيوتن قبل ذلك . ومن خلال هذه الحسابات أصبح من الواضح أن المذنبات هى أجرام سماوية قائمة بذاتها وليست ظواهر تحدث فى جو الأرض كما ساد من إعتقادات فى العصور الوسطى وبعض الأحيان بعد ذلك بقليل . كذلك حاول الفلكيون دائما إكتشاف إختلاف المنظر الناتج عن حركة الأرض فى دورانها حول الشمس . ولو أن هذا لم يتم حتى فى القرن الثامن عشر إلا أن التحديد الآخذ فى الدقة للمواقع أعطى ثماره ؛ فى عام ١٧١٨ إكتشف هالى الحركة الذاتية للنجوم . وفى عام ١٧٢٨ اكتشف برادلى (١٦٩٢ – ١٧٦٢) الزيغ الضوئى . كما ظهرت مصنفات نجمية جديدة بعد أن أصدر «هيفيلوس» آخر مصنف قبل إستعمال المنظار فى عام ١٦٦١ . ومن المصنفات المعروفة ما أصدره

المديرون الثلاثة لمرصد جرينتش ؛ فلاميستيد (١٦٤٦ ـ ١٧١٩) وهالى وبرادلى . وقد كان ما أصدره هالى فى عام ١٦٧٩ هو أول مصنف لنصف الكرة السماوى الجنوبى .

بعد إكتشاف الجاذبية تطور علم الديناميكا السماوية كفرع من فروع الفلك وساد حتى بداية القرن التاسع عشر . وإذا بدت حركة جسمين حول بعضهما سهلة فإن هناك كثيرا من الصعوبات تقابلنا عندما نأخذ فى الإعتبار تأثير جسم ثالث على مداريهما . بهذه المسألة إنشغل كبار الرياضيون والفلكيون فى القرن الثامن عشر ، الذى يُمثل نصفه الثانى عصر إزدهار لتلك الدراسات . وهنا يأتى ذكر أسماء كل من «أويلر» (١٧٠٧ ـ ١٧٨٣) ، و«كليروت» (١٧١٣ ـ ١٧٦٥) ، و «دالمبرت» (١٧١٧ ـ ١٧٨٣) وأخيرا «لاجرانج» (١٧٣٦ ـ ١٨١٣) ولابلاس (١٧٤٩ ـ ١٨٢٧) . وتوج هذه الفترة البحث المشهور بعنوان «ميكانيك سيليستى» (١٧٩٩ ـ ١٨٢٥) الذى قام فيه لابلاس بإلقاء نظره على أعماله وعلى نتائج الميكانيكا السماوية التى تمت فى عصره . وفى نطاق الميكانيكا السماوية تم تبسيط طريقة تحديد مدارات المذنبات فى عام ١٧٩٧ بواسطة «أولبرز» (١٧٤٨ ـ ١٨٤٠) تبسيطا كبيرا . كما قام «جاوس» (١٧٧٧ ـ ١٨٥٥) بحل مشكلة تعيين مدارات الكويكبات كلية فى بحثه المنشور عام ١٨٠٩ حتى أن طريقته يمكن إستعمالها حتى الآن بتعديلات بسيطة فقط على أجزاء غير مهمة .

فى هذه الفترة نجحت الأرصاد فى شيئين جذبا انتباه العامة أكثر من التقدم النظرى . ففى عام ١٧٨١ إكتشف «هرشل» (١٧٣٨ ـ ١٨٢٢) يورانوس ، أول كوكب لم يكن معروفا منذ القدم . وفى ١٨٠١/١/١ اكتشف «بيازى» (١٧٤٦ ـ ١٨٢٦) «سيرس» ، أول كويكب . وقدكان من الممكن أن لا تدرك الأرصاد هذا الكويكب لولا أن «جاوس» طوَّر طريقته لتحديد المدارات فأمكن بواسطتها تحديد زمن ومدار الكويكب . بعد ذلك بدأ البحث عن تلك الكويكبات فاكتشفت منها ثلاثة ؛ بواسطة «أولبرز» عام ١٨٠٢ و«هاردنج» (١٧٦٥ ـ ١٨٣٤) فى عام ١٨٠٤ ثم «أولبرز» ثانية فى عام ١٨٠٧ .

اكتسب «هرشل» شهرته نتيجة لإكتشافه يورانوس وشجعه ذلك على مواصلة دراساته الكلاسيكية لتوزيع النجوم فى الكون . وفى هذا المجال ظهرت فى منتصف القرن الثامن عشر ثلاثة أعمال توقعت نتائج أبحاث جاءت بعدها بوقت طويل ؛ فى عام ١٧٥٠ عمل من أعمال «رايت» (١٧١١ ـ ١٧٨٦) أدى فى عام ١٧٥٥ الى ظهور «التاريخ الطبيعى العام ونظرية الكون» «لأمانويل كانت» (١٧٢٤ ـ ١٨٠٤) والخطابات الفلكية من «لامبرت» (١٧٢٨ ـ ١٧٧٧) . فبينما اعتبر كبلر النجوم الثوابت ملتصقة بكرة ثابتة فقد ظهرت فى هذه الأعمال توقعات أن النجوم موزعة فى الفضاء داخل نظام نجمى مبطط يظهر للرائى من على سطح الأرض كحزام سكة التبانه . وقد وضع «كانت» بذلك الأسس العلمية لنشأة وتطور مجموعة الكواكب والتى يُعتد بها فى النظريات الحديثة وتذكر فى الغالب مرتبطة بعمل لابلاس .

أراد هرشل تحديد تركيب المجموعة النجومية من خلال تعداد النجوم الموجودة فى عدسة منظاره الذى بناه بنفسه ، وبذلك أصبح مؤسسا لعلم الإحصاء النجمى . وقد توصل هرشل إلى الاقتناع بأن النجوم موزعة فى نظام عدسى مفلطح ، لكن الأبعاد الذى إستنتجها لهذا النظام أصغر بكثير من الحقيقة . ومن خلال ما تجمع له من معلومات عن السدم المضيئة الدائرية والبعيدة وصل هرشل إلى الإعتقاد بأنها شبيهه بالطريق اللبنى ، الا أنه تنازل عن هذا الإعتقاد بعد ذلك على الرغم من أننا الآن نعرف صحته .

تميز كل من القرن التاسع عشر والعشرين بتطور ما لدينا من معلومات فلكية إلى علم مستقل للفلك يزداد فى الإعتماد على نفسه . إلا أنه كان هناك بعض الفلكيين الذين تمسكوا بفلك المواقع ومن هؤلاء «بيزل» (١٧٨٤ – ١٨٤٦)أحد كبار الفلكيين فى عصره . إعتقد «بيزل» أن واجب الفلك الوحيد هو إيجاد قواعد لحركة الأجرام السماوية نستطيع بمعونتها تحديد المواقع فى أى وقت ، أما ماعدا ذلك وإن كان مهما إلا أنه لا يستحق منا الإهتمام الكبير . وبهذه النظرة عكف «بيزل» على تحسين أسس تحديد المواقع وأعاد تعيين ثوابت الترنح والسبق والزيغ والإنكسار بكل إهتمام وزاد من دقة أرصاد المواقع إلى أقصى حد معروف فى زمنه . بذلك أصبح من الممكن تحديد أول إختلاف فى منظر النجوم الثوابت . كما تمكن «بيزل» بالاضافة إلى ذلك من تحديد بعد النجم ٦١ – الدجاجة . وفى نفس العام أمكن نفس الشىء لكل من النجوم ؛ النسر الواقع وألفا قنطورس بواسطة كل من «ستروفا» (١٧٩٣ – ١٨٦٤) وهندرسون (١٧٩٨ – ١٨٤٤) . وبهذا عرفنا من الكون منطقة أوسع من مجموعتنا الشمسية . وقد إعتنى «ستروفا» ومساعدوه فى مرصد بلكوفو بالدراسات عن النجوم المزدوجة التى أسسها «هرشل» ووصلو بها إلى ذروتها .

فى حوالى منتصف القرن التاسع عشر عاصرت الميكانيكا السماوية أكبر نصر لها وذلك بإكتشاف الكوكب الجديد نبتون . وقد كان توقع وجود هذا الكوكب أولا بالحسابات وذلك عن طريق الاضطرابات التى يثيرها هذا الكوكب على حركة الكوكب يورانوس وكان أن تم إكتشاف نبتون بعد ذلك فى السماء قريبا من الموقع المحسوب . قام بالحسابات فى نفس الوقت كل على إنفراد «ليفرير» (١٨١١ –١٨٧٧) و«آدمز» (١٨١٩ – ١٨٩٢) . ثم تمكن «جالى» (١٨١٢ – ١٩١٠) فى عام ١٨٤٦ أيضا من إكتشافه مستعملا حسابات ليفرير . أثبت هذا النجاح تماسك وصلاحية الميكانيكا السماوية . وقد تكررت الأحداث عند إكتشاف الكوكب بلوتو ، الذى تنبأ بوجوده «لوفل» (١٨٥٥ – ١٩١٦) على أساس إضطرابات تحركات نبتون وتم إكتشافه فى عام ١٩٣٠ وإن كان هذا الحدث لم يترك نفس الانطباع الذى تركه إكتشاف نبتون .

أصيبت الميكانيكا السماوية ببعض التجمد بعدما وجده «بوانكاريه» (١٨٥٤ – ١٩١٢) و«برونز» (١٨٤٨ – ١٩١٩) من أنه لا يوجد حل كامل لمسألة حركة الثلاث أجسام .

تميز النصف الثانى من القرن التاسع عشر بظهور مجال جديد هو الفيزياء الفلكية . فبينما لم يهتم الباحثون بالحالة الطبيعية للأجرام السماوية نجد أن هذه الدراسات أخذت تحتل مكانا يزداد فى الكبر يوما بعد يوم فيما بعد . والفيزياء الفلكية تمثل حاليا المجال الأساسى فى دراسة الفلك . وترجع الإنتصارات الكبيرة للفيزياء الفلكية إلى إدخال التصوير الفوتوغرافى فى الفلك ، حيث أصبح من الممكن عن طريق ذلك دراسة أجسام خافتة الإشعاع . ينطبق هذا بصفة خاصة على دراسة أطياف النجوم الذى لم يكن ممكنا بدون التصوير الفوتوغرافى . كذلك فقد نتج أيضا عن طريق إدخال التصوير فى فلك المواقع إرتفاع بدقة الأرصاد .

تمكن «فراونهوفر» (١٧٨٧ – ١٨٢٦) فى عام ١٨١٤ من قياس ٥٠٠ خط من طيف الشمس . واستنتج كيرشوف (١٨٢٤ – ١٨٨٧) وبنسون (١٨١١ – ١٨٩٢) من مقارنة خطوط فراونهوفر بطيف العناصر الأرضية فى المعامل ، أن هذه الخطوط الطيفية ناتجة من عناصر أرضية كثيرة معروفة وفى حالة غازية . ويمكن إعتبار هذا البحث (١٨٥٩) بداية للفيزياء الفلكية الحقيقة . فمن خلال هذا الإكتشاف أمكن رفض الفكرة التى تمسك بها «بيزل» على سبيل المثال والتى تقضى بأن للشمس

نواة تظهر داكنة من خلال البقع الشمسية ، لأنها ليست صحيحة فيزيائيا . وجاءت الدراسات الطيفية للشمس فى نهاية القرن التاسع عشر فى أبحاث «رولاند» (١٨٤٨ ـ ١٩٠١) ، والذى قاس ما يقرب من ٢٠٠٠٠ خط طيفى . وبمرور الزمن إكتشف تطابق خطوط أكثر منها مع أطياف العناصر الأرضية . وقد أتت الأبحاث على أطياف البقع الشمسية بتقدم آخر حيث أثبتت وجود مجال مغناطيسى قوى جدا فى بعض الأماكن كما أوضح ذلك هالى (١٨٦٨ ـ ١٩٣٨) فى عام ١٩٠٨ . ولما كانت الشمس هى أقرب نجم إلى الأرض فقد تركز عليها إهتمام الفلكيين حتى أنه نشأ بمرور الوقت ما سمى «بفيزياء الشمس» . ويؤخذ منذ زمن طويل أرصاد النشاط الشمسى بإنتظام . وتمكن «شوابا» (١٧٨٩ ـ ١٨٧٥) ، والذى قام بالتسجيل اليومى للبقع الشمسية ورسمها بإنتظام منذ عام ١٨٢٦ ، وذلك فى عام ١٨٤٣ من إكتشاف دورية شيوع البقع الشمسية بينما تمكن «وولف» (١٨١٦ ـ ١٨٩٣) من تحديد هذه الدورة . عرفت فى ذلك الوقت أيضا العلاقة بين ماهية البقع الشمسية والمجال المغناطيسى الأرضى وكذلك إعتماد فترة دوران الشمس على خط عرض الحزام المرصود منها .

قام «سيخى» (١٨١٨ ـ ١٨٧٨) بدراسة أولى أطياف النجوم . وأدخل فى عام ١٨٦٨ أول تقسيم لطيف النجوم ، الذى قام «فوجل» (١٨٤١ ـ ١٩٠٧) بتطويره فى عام ١٨٧٤ . وقد كانت أعمال «هيجنز» (١٨٢٤ ـ ١٩١٠) من الأعمال الرائدة حيث تعرف على خطوط الهيدروجين ومعادن أخرى فى طيف النجوم . بذلك أمكن إثبات أنه من العناصر الموجودة على سطح الأرض توجد بعضها على الأقل فى أجواء الشمس والنجوم . من هنا وجد إفتراض وحدة مادة بناء الكون دليلا يرتكز عليه وربما تأكد بذلك تماما . وقد مكن بناء المطيافات النجمية الكبيرة ، والذى عمل «فوجل» من أجلها الكثير ، من إحراز تقدم كبير فى دراسة أطياف النجوم .

أمكن من دراسة أطياف النجوم ، بتحليل عال ، قياس إزاحات خطية راجعة لظاهرة دوبلر ، والحكم عليها بأنها ناشئة من حركة خطية للنجم كله أو القشرة الخارجية منه التى يأتينا منها ضوء النجم . وكان «فوجل» و«شتينر» (١٨٥٨ ـ ١٩١٣) فى عام ١٨٩٠ أول الذين قاسوا السرعات الخطية . وأدت هذه الأبحاث إلى زيادة معلوماتنا عن حركات النجوم . وفى أثناء البحث فى السرعات الخطية للنجوم تم إكتشاف النجوم المزدوجة طيفيا (المزدوجات الطيفية) . كذلك أمكن من خلال الدراسات الطيفية تفسير التغيير الإشعاعى لأنواع معينة من النجوم المتغيرة : فقد تمكن «بيلوبولسكى» (١٨٥٤ ـ ١٩٣٤) من إثبات أن السرعات الخطية فى الطبقات الخارجية للنجم دلتا فيفاوى تتغير دوريا ، الشىء الذى يوحى بنبض ، أى تغيير دورى فى قطر النجم . ومن خلال دراسة السرعات الخطية لمجموعة متغيرة أخرى أمكن إثبات أن تغيير ضوئها راجع إلى الاختفاء الدورى لعضوى نجم مزدوج . بهذا أصبح واضحا ماهية إختلاف الضوء فى كل من النجوم النابضة والمتغيرات الكسوفية .

ونتيجة لإمكان تحديد السرعة الخطية ، أصبح ممكنا كذلك تعيين كتل النجوم المزدوجة .

كان تحديد لمعان النجوم يسير تبعا للتقدير حتى منتصف القرن التاسع عشر ، بحيث كان المقياس الذى وضعه بطلميوس للنجوم التى ترى بالعين المجردة ، يطبق كذلك على ما يُرى بالمنظار من نجوم ، إلى أن جاء التحديد الدقيق لمقياس اللمعان والذى يحتوى على تعليمات دقيقة لتعيين قدر النجم وذلك فى عام ١٨٥٤ بناء على إقتراح «بوجسون» (١٨٢٩ ـ ١٨٩١) . وتبعا لذلك أعيد بناء الطرق الفوتومترية واستكملت أجهزة القياس . وقد بذل «تزولنر» (١٨٣٤ ـ ١٨٨٢) جهودا كثيرة فى هذا المجال

وأعطت أرصاد كل من «بيكرينج» (١٨٤٦ـ ١٩١٩) و«ميلر» (١٨٥١ ـ ١٩٢٥) و«كمف» (١٨٥٦ ـ ١٩٣٦) قيما دقيقة للمعان. وقد قام «شوارتز شيلد» (١٨٥٦ ـ ١٩٣٦) أكثر من غيره بدراسة نتائج تعيين اللمعان فوتوغرافيا ونشر أول لمعان للنجوم موثوق به. وكان لإدخال طريقه القياس الكهروضوئى تأثير كبير فى رفع رقة الأرصاد الإشعاعية. تم ذلك على يد «جوتينك» (١٨٧٩ ـ ١٩٤٧) و«روزنبرج».

تعتبر القياسات الطيفية الفوتومترية حلقة إتصال بين كل من الدراسات الطيفية والفوتومترية. وبمعونتها أمكن قياس شدة الخطوط الطيفية وتوزيع شدة الطيف المستمر. وأصبح من المستطاع عن طريق تطبيق قوانين الإشعاع الطبيعية على تلك القياسات إستنباط درجة حرارة الأجرام السماوية. كان أول تعيين لدرجة الحرارة بهذه الطريقة فى عام ١٨٨٠ حيث قام «لانجلى» (١٨٣٤ ـ ١٩٠٦) بتحديد درجة حرارة الشمس و«ويلسنج» (١٨٥٦ ـ ١٩٤٣) ثم بعده «شاينر» بتحديدها كذلك للنجوم.

تبع الأرصاد الفيزيائية الفلكية للنجوم دراسات نظرية للحالة الطبيعية وبالذات فى الأجزاء الداخلية من النجوم التى لا تصل إليها أرصادنا. وترجع أولى الأبحاث فى هذا الشأن، بالاضافة إلى أنها تعالج كذلك مصادر الطاقة فى النجوم إلى «هلمهولتز» (١٨٢١ ـ ١٨٩٤). وقد اعتقد هلمهولتز أن طاقة الشمس التى تشعها ترجع إلى الإنكماش واتضح بعد ذلك خطأ هذا الإعتقاد. وتبنى نظرية تركيب النجوم على القوانين الطبيعية وبالذات قوانين الديناميكا الحرارية ونظرية الكم. قاد هذه النظرية أولا «لين» ثم بعد ذلك «إمدن» (١٨٦٢ ـ ١٩٤٠) و«شوارتز شيلد» أكثر من غيرهما. وفى خلال العشرينات من القرن العشرين أثمرت النظرية على يد «إدنجتون» (١٨٨٢ ـ ١٩٤٤) من خلال أفكاره عن إنتقال الطاقة المتحررة فى داخل النجم إلى الخارج على هيئة اشعاعات. وفى عام ١٩٣٨ إستطاع «بيتى» و«فون فيزاكر» إثبات وجود عمليات نووية لها القدرة على إنتاج الطاقة الهائلة تُشعها النجوم. تقوم الأبحاث فى نظرية بناء النجوم هذه الأيام بحساب نماذج نجومية وكذلك ببحوث خاصة عن تطور النجوم. وفى هذا الشأن أمكن بإستخدام الحاسبات الاليكترونية ذات الكفاءة العالية حساب التطور الزمنى الذى يحدث فى ملايين السنين وبلايينها فى تركيب النجوم. كما أمكن كذلك إعطاء تفسير نظرى لتوزيع النجوم فى الشكل (هرتز سبرنج ـ رسل) الذى أوجده كل من «هرتز سبرنج» (١٨٧٣ ـ ١٩٦٧) و«ورسل» (١٨٧٧ ـ ١٩٥٧). وقد أخذت الأبحاث حول نشأة النجوم تزداد فى الأهمية وكان إكتشاف التجمعات النجومية بواسطة الفلكى السوفيتى «أمبرتسوميان» عام ١٩٤٧ ذو أهمية كبيرة فى هذا المجال.

فى مجال أبحاث مجرتنا تأتى أبحاث «زيليجر» (١٨٤٩ ـ ١٩٢٤) و«كابتين» (١٨٥١ ـ ١٩٢٢) بعد ما قام به «هرشل» من أبحاث. حاول الإثنان وضع شروحا رياضية شكلية لتوزيع النجوم، لكنه ثبت أن ذلك لا يعطى التوزيع المشاهد لها وحتى يمكننا ذلك لابد لنا من تطبيق طرق إحصائية بحتة، قام «كابتين» بالإنتهاء من عمل غالبيتها. وكان «شابلى» أول من إستنتج الأبعاد الحقيقية لمجرتنا، حيث حدد فى عام ١٩١٨ وبدقة مسافة الحشود النجومية الكروية. ثبت من ذلك أن قطر الدائرة التى تقع تلك الحشود على محيطها أكبر بكثير مما عرفناه لقطر المجره. وبجانب توزيع النجوم فى المجره فإن الحركات النسبية للنجوم فى داخل المجره لها أهمية أيضا. وقد فسر كل من «أووورت» و«لندبلاد» (١٨٩٥ ـ ١٩٦٥) بين عامى ١٩٢٦، ١٩٢٧ الحركات المنتظمة للنجوم سواء منها الحركة الذاتية أو الخطية وذلك عن طريق الدوران التفاوتى للمجرة.

ويرجع الفضل للفلكى «هبل» (۱۸۸۹ - ١٩٥٣) فى معرفة أن الأشكال السديمية ، والتى تظهر غالبا فى صورة حلزونية ، ليست أعضاء فى مجرتنا ولكنها خارجية . كما إستطاع «هبل» كذلك فى عام ١٩٢٩ ولأول مرة قياس البُعد إلى مجرة خارجية . وقد أعطت دراسات «هبل» إستناجات لأبعاد تلك المجرات . اتضح أن هذه الأبعاد من نفس رتبة مجرتنا ، كما أمكن التدليل على أن هذه الأجسام السماوية ما هى إلا مجرات شبيهة بمجرة سكة التبانه . وكان من الأهمية بمكان ما أمكن ، بإستعمال المنظار العاكس الكبير فى مراصد مونت ويلسون وبالومار ، من تميز نجوم فى تلك المجرات الخارجية ، بل إنه أمكن أخذ أرصاد لأطياف هذه النجوم . وترتبط أغلب هذه الدراسات بإسم الفلكى «بادى» (۱۸۹۳ - ١٩٦٠) ، الذى أدرك أن أنواع النجوم المختلفة فى تجمع ما من مجموعة نجومية يمكن تنسيقها فى جمهرات تكون بمثابة تقسيم للأعمار المختلفة .

دخلت ، عن طريق الدراسات حول المجرات الخارجية ، أكبر لبنات الكون فى مجال الأرصاد العلمية . ومن المهم جدا ما تم إكتشافه من أن طيف المجموعات النجومية له إزاحة حمراء تتناسب مع المسافة بيننا وبين هذه المجموعات . وتم تفسير تلك الإزاحة بتمدد الكون كله . كما نشأت من نظرية النسبية لآينشتين (۱۸۷۹ - ١٩٥٥) نماذج نظرية للكون مثل الذى قدمه «دى سيتر» (۱۸۷۲ - ١٩٣٤) و«فريدمان» (۱۸۸۸ - ١٩٢٥) ويتطلب وجود تمدد الكون . كما يعطينا إشعاع الثلاث درجات كلفن فى الوقت الحديث إمكانية تأييد وتطوير للآراء النظرية عن الحالة الأولى للكون بطريق الأرصاد .

دخل فرع جديد للفلك فى النصف الأول من القرن العشرين ، وهو دراسة مادة ما بين النجوم . فقد إستطاع «وولف» (١٨٦٣ - ١٩٣٢) على أساس تعداد النجوم إثبات وجود مادة داكنة بين النجوم تمتص الضوء . كذلك تمكن «هارتمان» (١٨٦٥ - ١٩٣٦) فى عام ١٩٠٤ إعطاء الدليل على وجود مادة غازية إتضحت فيما حصل عليه من خطوط الكالسيوم الثابتة . وتعتبر نظرية ما بين النجوم حاليا أحد الفروع الهامة فى الفيزياء الفلكية .

يعد الفلك الراديوى أحد الفروع الحديثة فى الفيزياء الفلكية . ويرجع بداية الفلك الراديوى إلى الأرصاد التى قام بها «يانسكى» فى عام ١٩٣٢ ، إلا أن الابحاث الراديوية الفلكية بدأت فعلا بعد الحرب العالمية الثانية وأدت إلى فهم أكثر للظروف الطبيعية فى مادة ما بين النجوم . واحتلت أرصاد الهيدروجين فى نطاق الطول الموجى ٢١سم مكانا بارزا بعد ما أثبت «فان دى هولست» فى عام ١٩٤٤ إمكانية رصدها . كما أصبح ممكنا عن طريق الأرصاد إثبات حلزونية المجرة . وفى أثناء البحث عن أجسام راديوية معينة تم إكتشاف أجسام كونية جديدة غير معروفة وغير مفهومة فى تركيبها الطيفى : وتلك هى الراديويات الشبيهه بالنجوم والراديويات النابضة التى أصبحت معروفة بعد ذلك تحت إسم الكوازارز والبلسارز على التوالى .

نشأ مجال بحث جديد للأرصاد الفلكية بإدخال الصواريخ وسفن الفضاء . وأمكن عن طريق الإمكانية الجديدة إطالة النطاق الطيفى بحيث يشمل مناطق الإشعاع فوق البنفسجى والسينى وأشعة جاما . وفوق هذا أصبحت القياسات المباشرة ممكنة فى منطقة ما بين الكواكب وفى الغلاف الجوى وفوق سطوح الكواكب القريبة من الأرض وعلى سطح القمر .

علم النجوم

astronomy
astronomie *(sf)*
sternkunde *(sf)*

هو ← علم الفلك .